پاسخ تشریحی — آزمون‌های جامع فصل اول

فصل اول: آزمون کنکور

۱ ۲ **روش اول:** ابتدا جرم اتمی میانگین منیزیم را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3}{F_1+F_2+F_3}=\frac{(۲۳/۹۹\times۷۹)+(۲۴/۹۹\times۱۰)+(۲۵/۹۸\times۱۱)}{۱۰۰}\simeq ۲۴/۳۰\text{amu}$$

حال جرم مولی منیزیم فلوئورید (MgF_2) را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مولی } MgF_2=۲۴/۳۰+۲\times۱۸/۹۹=۶۲/۲۸\text{g.mol}^{-1}$$

روش دوم (تستی): با توجه به اینکه اعداد رند نیستند، بهتر است از روش تستی استفاده کنیم:

$$\bar{M}=M_1+\frac{F_2}{۱۰۰}(M_2-M_1)+\frac{F_3}{۱۰۰}(M_3-M_1)=۲۳/۹۹+\frac{۱۰}{۱۰۰}\times(۲۴/۹۹-۲۳/۹۹)+\frac{۱۱}{۱۰۰}\times(۲۵/۹۸-۲۳/۹۹)\simeq ۲۴/۳۰\text{amu}$$

حواستان باشد که با توجه به تفاوت زیادی که در گزینه‌ها وجود دارد، شما می‌توانید در محاسبات خود، به‌جای اعداد ۲۳/۹۹، ۲۴/۹۹ و ۲۵/۹۸ به‌ترتیب از اعداد ۲۴، ۲۵ و ۲۶ استفاده کنید.

۲ ۲ اگر درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را با F_1 و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر را با F_2 نشان دهیم، داریم:

$$\begin{cases}F_2=۴F_1\\F_1+F_2=۱۰۰\end{cases}\Rightarrow F_1+۴F_1=۱۰۰\Rightarrow F_1=٪۲۰,\ F_2=٪۸۰$$

از طرفی با توجه به جرم اتمی میانگین داده شده و با استفاده از رابطهٔ زیر، می‌توان جرم اتمی ایزوتوپ سبک‌تر را محاسبه کرد.

$$\bar{M}=M_1+\frac{F_2}{۱۰۰}(M_2-M_1)\Rightarrow ۲۸/۲=M_1+\frac{۸۰}{۱۰۰}(۲)\Rightarrow M_1=۲۶/۶\text{amu}$$

با توجه به اینکه تفاوت جرم دو ایزوتوپ برابر ۲ واحد است، پس جرم اتمی ایزوتوپ سنگین‌تر برابر با ۲۸/۶amu است.

۳ ۳ موارد اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول:

$$?\,\text{mg Cu}=۱/۸۰۶\times۱۰^{۱۹}\,\text{Cu}\times\frac{۱\,\text{mol Cu}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\text{Cu}}\times\frac{۶۴\,\text{g Cu}}{۱\,\text{mol Cu}}\times\frac{۱۰^{۳}\,\text{mg Cu}}{۱\,\text{g Cu}}=۱/۹۲\,\text{mg Cu}$$

مورد دوم:

$$?\,\text{mol Cu}=۸\,\text{g Cu}\times\frac{۱\,\text{mol Cu}}{۶۴\,\text{g Cu}}=\frac{۱}{۸}\,\text{mol Cu}\qquad ?\,\text{mol Fe}=۷\,\text{g Fe}\times\frac{۱\,\text{mol Fe}}{۵۶\,\text{g Fe}}=\frac{۱}{۸}\,\text{mol Fe}$$

مورد سوم: جرم مشخص شده در جدول تناوبی برای هر عنصر همان جرم اتمی میانگین است.

مورد چهارم:

$$?\,\text{atom}\,(\text{در } H_2O)=۲\,\text{g }H_2O\times\frac{۱\,\text{mol }H_2O}{۱۸\,\text{g }H_2O}\times\frac{۳\,\text{mol atom}}{۱\,\text{mol }H_2O}\times\frac{N_A\,\text{atom}}{۱\,\text{mol atom}}=\frac{N_A}{۳}\,\text{atom}$$

$$?\,\text{atom}\,(\text{در } CO_2)=۱\,\text{g }CO_2\times\frac{۱\,\text{mol }CO_2}{۴۴\,\text{g }CO_2}\times\frac{۳\,\text{mol atom}}{۱\,\text{mol }CO_2}\times\frac{N_A\,\text{atom}}{۱\,\text{mol atom}}=\frac{۳N_A}{۴۴}\,\text{atom}$$

شمار اتم‌ها در نمونهٔ آب بیشتر است.

مورد پنجم: اتم گالیم در ترکیب با دیگر اتم‌ها، یون پایدار با بار (+۳) تشکیل می‌دهد ولی به آرایش هشت‌تایی نمی‌رسد. $_{۳۱}Ga^{۳+}:[_{۱۸}Ar]\,۳d^{۱۰}$

۴ ۲ در هنگام تشکیل یون پایدار از اتم روبیدیم (Rb)، این عنصر یک الکترون از دست داده و به یون Rb^+ تبدیل می‌شود؛ با توجه به اینکه در هر اتم جرم هر پروتون و نوترون به تقریب برابر ۱amu بوده، اما جرم هر الکترون ناچیز و حدود $\frac{۱}{۲۰۰۰}\text{amu}$ است، پس جرم Rb و Rb^+ که تنها در یک الکترون اختلاف دارند، به تقریب با هم برابر است. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): $_{۳۰}Cu^+$ و $_{۲۹}Zn^{۲+}$ در شمار پروتون‌ها و در نتیجه عدد جرمی با یکدیگر تفاوت دارند، پس جرم مولی آن‌ها با یکدیگر برابر نیست. گزینهٔ (۳): شمار اتم‌ها در یک مول سدیم و یک مول کلسیم، یکسان و برابر عدد آووگادرو $(۶/۰۲\times۱۰^{۲۳})$ است. گزینهٔ (۴): جرم این دو نمونه برابر است با:

$$?\,\text{g Ar}=۱/۵\,\text{mol Ar}\times\frac{۴۰\,\text{g Ar}}{۱\,\text{mol Ar}}=۶۰\,\text{g Ar}$$

$$?\,\text{g Al}=۱/۸۰۶\times۱۰^{۲۴}\,\text{atom Al}\times\frac{۱\,\text{mol Al}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\text{atom Al}}\times\frac{۲۷\,\text{g Al}}{۱\,\text{mol Al}}=۸۱\,\text{g Al}$$

با توجه به محاسبات انجام‌شده، جرم گاز آرگون، کمتر از جرم آلومینیم است.

۴ ۵

$$?\,\text{atom Cl}=۳۵/۵\,\text{g }Cl_2\times\frac{۱\,\text{mol }Cl_2}{۷۱\,\text{g }Cl_2}\times\frac{۲\,\text{mol Cl}}{۱\,\text{mol }Cl_2}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\text{Cl}}{۱\,\text{mol Cl}}=۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,\text{Cl}$$

$$?\,\text{L }Cl_2=۳۵/۵\,\text{g }Cl_2\times\frac{۱\,\text{mol }Cl_2}{۷۱\,\text{g }Cl_2}\times\frac{۲۲/۴\,\text{L }Cl_2}{۱\,\text{mol }Cl_2}=۱۱/۲\,\text{L }Cl_2$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): جرم ۱۲ واحد از amu، برابر با جرم یک اتم کربن - ۱۲ است. گزینهٔ (۲): عدد جرمی یک اتم برابر مجموع شمار پروتون‌ها و نوترون‌های آن اتم است و ارتباطی با جرم اتمی میانگین عنصر آن ندارد.

گزینهٔ (۳):

$$?\,atom\,(H_2\ در)=3g\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{2g\,H_2}\times\frac{2mol\,atom}{1\,mol\,H_2}\times\frac{N_A\,atom}{1\,mol\,atom}=3N_A\,atom$$

$$?\,atom\,(Ar\ در)=60g\,Ar\times\frac{1\,mol\,Ar}{40g\,Ar}\times\frac{N_A\,atom}{1\,mol\,Ar}=1/5N_A\,atom$$

۳ ۶ **قسمت اول:** محاسبهٔ نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در $ScPO_4$ و $MgSO_4$ به‌صورت زیر است:

$$MgSO_4\Rightarrow\frac{\text{جرم مولی آنیون }SO_4^{2-}}{\text{جرم مولی کاتیون }Mg^{2+}}=\frac{32+4(16)}{24}=\frac{96}{24}=4$$

$$ScPO_4\Rightarrow\frac{\text{جرم مولی آنیون }PO_4^{3-}}{\text{جرم مولی کاتیون }Sc^{3+}}=\frac{31+4(16)}{45}=\frac{95}{45}\simeq2/11$$

نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در $MgSO_4$ بیشتر است.

قسمت دوم: محاسبهٔ نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در $AlPO_4$ و $CaSO_4$ به شکل زیر است:

$$CaSO_4\Rightarrow\frac{\text{جرم مولی آنیون }SO_4^{2-}}{\text{جرم مولی کاتیون }Ca^{2+}}=\frac{32+4(16)}{40}=\frac{96}{40}=2/4$$

$$AlPO_4\Rightarrow\frac{\text{جرم مولی آنیون }PO_4^{3-}}{\text{جرم مولی کاتیون }Al^{3+}}=\frac{31+4(16)}{27}=\frac{95}{27}\simeq3/5$$

نسبت جرم مولی آنیون به کاتیون در $AlPO_4$ تقریباً برابر ۳/۵ است.

۱ ۷ ابتدا مقدار مول SF_n را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{شمار مول }SF_n=12/04\times10^{21}\,SF_n\ \text{مولکول}\times\frac{1\,mol\,SF_n}{6/02\times10^{23}\,SF_n\ \text{مولکول}}=2\times10^{-2}\,mol\,SF_n$$

سپس جرم مولی SF_n را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مولی }SF_n=\frac{2/92g}{2\times10^{-2}mol}=146g.mol^{-1}$$

اکنون مقدار n را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مولی }SF_n=(1\times32)+(n\times19)=146\Rightarrow n=6$$

۱ ۸ با توجه به فرمول آلومینیم سولفید که به‌صورت Al_2S_3 است، در هر واحد فرمولی آن ۵ یون (۲ کاتیون Al^{3+} و ۳ آنیون S^{2-}) وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

$$1\,mol\,Al_2S_3\sim5mol\,ion$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,\text{یون}=10g\,Al_2S_3\times\frac{1\,mol\,Al_2S_3}{150g\,Al_2S_3}\times\frac{5\,\text{mol یون}}{1\,mol\,Al_2S_3}\times\frac{6/02\times10^{23}\,\text{یون}}{1\,\text{mol یون}}\simeq2\times10^{23}\,\text{یون}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }Al_2S_3}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{شمار یون‌ها}}{5\times N_A}\Rightarrow\frac{10}{150}=\frac{x\,ion}{5\times6/02\times10^{23}}\Rightarrow x\simeq2\times10^{23}\,ion$$

قسمت دوم: در هر مول آلومینیم سولفید، دو مول یون آلومینیم و سه مول یون سولفید وجود دارد:

$$\frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم آلومینیم}}=\frac{3\times32g}{2\times27g}=\frac{16}{9}$$

۲ ۹ ابتدا به کمک فرمول زیر، محاسبه می‌کنیم که به ازای تولید یک مول Al_2O_3 و یک مول AlF_3 چند مول الکترون مبادله می‌شود:

زیروند آنیون×اندازهٔ بار آنیون=زیروند کاتیون×اندازهٔ بار کاتیون=مقدار مول الکترون مبادله شده

$$AlF_3:3\times1=3mol\,e^-\qquad Al_2O_3:2\times3=6\,mol\,e^-$$

اکنون به کمک مقدار مول الکترون مبادله شده، جرم AlF_3 و Al_2O_3 تولیدی به ازای مبادلهٔ $3/01\times10^{24}$ الکترون را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,AlF_3=3/01\times10^{24}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{1\,mol\,AlF_3}{3mol\,e^-}\times\frac{84g\,AlF_3}{1\,mol\,AlF_3}=140g\,AlF_3$$

$$?\,g\,Al_2O_3=3/01\times10^{24}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{1\,mol\,Al_2O_3}{6mol\,e^-}\times\frac{102g\,Al_2O_3}{1\,mol\,Al_2O_3}=85g\,Al_2O_3$$

نسبت جرم AlF_3 به Al_2O_3 برابر است با:

$$\frac{\text{جرم }AlF_3}{\text{جرم }Al_2O_3}=\frac{140}{85}\simeq1/65$$

۴ ۱۰ بار الکتریکی فلزات قلیایی خاکی (عناصر گروه ۲ جدول) برابر (+۲) است و فرمول اکسید آن به‌صورت MO بوده و به‌ازای تشکیل هر مول از آن، ۲ مول الکترون مبادله می‌شود، پس خواهیم داشت:

$$\dot{M}\cdot\ \ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}:\rightarrow M^{2+}\ \text{و}\ \left[:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{O}}:\right]^{2-}\rightarrow MO$$

$$60g\,MO\times\frac{1\,mol\,MO}{(M+16)g\,MO}\times\frac{2mol\,e^-}{1\,mol\,MO}\times\frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-}=18/06\times10^{23}\,e^-\Rightarrow m=24g.mol^{-1}$$

اکنون نسبت جرم اتمی فلز به جرم اتمی اکسیژن را محاسبه می‌کنیم: $\frac{\text{جرم اتمی فلز}}{\text{جرم اتمی اکسیژن}}=\frac{۲۴}{۱۶}=۱/۵$

۱۱ ۴ در شکل، ۳۰ دایره داده شده است. تعداد دایره‌های مربوط به ^{۲۷}X که باید سیاه‌رنگ باشد را برابر y و تعداد ایزوتوپ‌های ^{۲۴}X که باید سفید باشد را برابر $(۳۰-y)$ در نظر می‌گیریم؛ پس خواهیم داشت: $\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{F_۱+F_۲}\Rightarrow ۲۶/۷=\frac{۲۴(۳۰-y)+۲۷(y)}{۳۰}\Rightarrow ۸۰۱=۷۲۰-۲۴y+۲۷y\Rightarrow ۳y=۸۱\Rightarrow y=۲۷$

پس ۲۷ دایره باید سیاه‌رنگ باشند.

۱۲ ۲ با توجه به داده‌های مسئله می‌توان دریافت که فراوانی ایزوتوپ سوم ۱۵ درصد و فراوانی ایزوتوپ چهارم ۲۰ درصد است.

$$\begin{cases}F_۱+F_۲=٪۶۵\\F_۳=٪۱۵\end{cases}\Rightarrow F_۴=۱۰۰-(F_۱+F_۲+F_۳)=۲۰$$

روش اول: برای حل این تست از فرمول روبه‌رو استفاده می‌کنیم: $\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳+M_۴F_۴}{F_۱+F_۲+F_۳+F_۴}$

برای محاسبهٔ درصد فراوانی ایزوتوپ‌های اول و دوم یعنی ^{۴۹}A و ^{۵۱}A خواهیم داشت: $۵۰/۹۵=\frac{۴۹(F_۱)+۵۱(۶۵-F_۱)+۵۳(۱۵)+۵۴(۲۰)}{۱۰۰}\Rightarrow F_۱=٪۴۷/۵$

بنابراین فراوانی ایزوتوپ ^{۴۹}A برابر با ٪۴۷/۵ و فراوانی ایزوتوپ ^{۵۱}A برابر با ٪۱۷/۵ $(۶۵-۴۷/۵)$ است.

روش دوم (تستی): برای حل این‌گونه مسائل بهتر است از فرمول تستی زیر استفاده کنید:

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)+\frac{F_۴}{۱۰۰}(M_۴-M_۱)\Rightarrow ۵۰/۹۵=۴۹+\frac{F_۲}{۱۰۰}(۵۱-۴۹)+\frac{۱۵}{۱۰۰}(۵۳-۴۹)+\frac{۲۰}{۱۰۰}(۵۴-۴۹)$$
$$\Rightarrow ۱/۹۵=۰/۰۲F_۲+۰/۶+۱\Rightarrow F_۲=٪۱۷/۵$$

فراوانی ایزوتوپ ^{۵۱}A برابر ٪۱۷/۵ و فراوانی ایزوتوپ ^{۴۹}A برابر ٪۴۷/۵ $(۶۵-۱۷/۵)$ است.

۱۳ ۲ آرایش الکترونی اتم منگنز، به‌صورت مقابل است:

$_{۲۵}Mn:[Ar]\,۳d^۵/۴s^۲\Rightarrow$ ۷ الکترون ظرفیتی

حجم مکعب $=a^۳=۴^۳=۶۴cm^۳$

$$?\,mol\,e^-\,(\text{ظرفیتی})=۶۴cm^۳\times\frac{۷/۵g\,Mn}{۱cm^۳}\times\frac{۱\,mol\,Mn}{۵۵g\,Mn}\times\frac{۷mol\,e^-(\text{ظرفیتی})}{۱\,mol\,Mn}\simeq ۶۱/۱\,mol\,e^-(\text{ظرفیتی})$$

۱۴ ۱ برای حل این تست، ابتدا جرم اتمی عنصر X را محاسبه می‌کنیم: (جرم اتمی X را در محاسبات $x\,amu$ در نظر می‌گیریم.)

$$\frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم ترکیب }X_۲O_۳}=\frac{۳\times۱۶}{(۳\times۱۶)+(۲\times x)}=\frac{۲}{۷}\Rightarrow x=۶۰amu$$

با توجه به اینکه جرم اتمی یک اتم با عدد جرمی آن از لحاظ عددی تقریباً برابر است، عدد جرمی عنصر X برابر ۶۰ می‌باشد. اکنون عدد اتمی عنصر X را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases}n+p=۶۰\\n-p=۶\end{cases}\Rightarrow n=۳۳,\,p=۲۷$$

عنصری با عدد اتمی ۲۷، همان کبالت است که در دورهٔ چهارم جدول تناوبی قرار دارد.

۱۵ ۱ روش اول: $\bar{M}=\frac{(M_۱\times F_۱)+(M_۲\times F_۲)+(M_۳\times F_۳)}{۱۰۰}=\frac{(۲۷/۹\times۹۲)+(۲۹/۹\times۵)+(۳۰\times۳)}{۱۰۰}=۲۸/۰۶۳amu$

روش دوم (تستی): $\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)=۲۷/۹+\frac{۵}{۱۰۰}(۲۹/۹-۲۷/۹)+\frac{۳}{۱۰۰}(۳۰-۲۷/۹)=۲۸/۰۶۳amu$

فصل اول: آزمون جامع ۱

۱ ۲ اختلاف نوترون و پروتون $(n-p=A-Z-Z=A-۲Z)$، ٪۲۰ بیشتر از اختلاف نوترون و الکترون $(n-e=A-Z-(Z+۲)=A-۲Z-۲)$ است. پس داریم:

$$\frac{A-۲Z}{A-۲Z-۲}=۱/۲\xrightarrow{A-۲Z=t}\frac{t}{t-۲}=۱/۲\Rightarrow t=۱/۲t-۲/۴\Rightarrow ۰/۲t=۲/۴\Rightarrow t=۱۲\Rightarrow A-۲Z=۱۲$$

از طرفی مجموع تعداد ذرات زیراتمی برابر است با: $n+p+e=A-Z+Z+Z+۲=A+Z+۲=۱۱۶\Rightarrow A+Z=۱۱۴$

از حل دستگاه دو معادله، دو مجهول مقابل، داریم: $\begin{cases}A-۲Z=۱۲\\A+Z=۱۱۴\end{cases}\Rightarrow Z=۳۴,\,A=۸۰$

بنابراین عنصر مورد نظر $^{۸۰}_{۳۴}Se$ است که در گروه ۱۶ و دورهٔ ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد. $(۱۶+۴=۲۰)$

۲ ۴ با توجه به اطلاعات مسئله برای ایزوتوپ چهارم داریم:

$$F_۴=۴(F_۱+F_۲+F_۳)\Rightarrow F_۱+F_۲+F_۳+F_۴=۱۰۰\Rightarrow ۵(F_۱+F_۲+F_۳)=۱۰۰\Rightarrow F_۱+F_۲+F_۳=۲۰\Rightarrow F_۴=۸۰$$

با توجه به اطلاعات مسئله برای ایزوتوپ سوم داریم: $F_1+F_2+F_3=20 \xrightarrow{F_3=F_1+F_2} 2F_1+2F_2=20 \Rightarrow F_1+F_2=10 \Rightarrow F_3=10$

درصد فراوانی ایزوتوپ اول را x و درصد فراوانی ایزوتوپ دوم را $10-x$ را در نظر می‌گیریم:

روش اول: $\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3+M_4F_4}{F_1+F_2+F_3+F_4} \Rightarrow 87/66=\frac{84x+86(10-x)+(87\times10)+(88\times80)}{100} \Rightarrow x=\%2$

روش دوم: $\bar{M}=M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1)+\frac{F_3}{100}(M_3-M_1)+\frac{F_4}{100}(M_4-M_1) \Rightarrow 87/66=84+\frac{10-x}{100}(2)+\frac{10}{100}(3)+\frac{80}{100}(4) \Rightarrow x=\%2$

بنابراین فراوانی ایزوتوپ اول و دوم به ترتیب برابر ۲ و ۸ درصد است. پس داریم: $\frac{F_2}{F_1}=\frac{8}{2}=4$

۳ ۱ اتم‌های کربن در اتانول قرار دارند، پس مقدار مول اتانول و سپس جرم آن را محاسبه می‌کنیم:

روش اول:
$$?\,g\,C_2H_5OH=1/806\times10^{24}\,atom\,C\times\frac{1\,mol\,C}{6/02\times10^{23}\,atom\,C}\times\frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{2\,mol\,C}=1/5\,mol\,C_2H_5OH$$
$$?\,g\,C_2H_5OH=1/5\,mol\,C_2H_5OH\times\frac{46\,g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH}=69\,g\,C_2H_5OH$$

روش دوم: مول و جرم اتانول: $\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times2}=\frac{\text{مول}}{1} \Rightarrow \frac{x}{46}=\frac{1/806\times10^{24}}{6/02\times10^{23}\times2}=\frac{y}{1} \Rightarrow x=69\,g\,C_2H_5OH\,,\,y=1/5\,mol\,C_2H_5OH$

پس جرم گوگرد دی‌اکسید برابر $32g$ $(69-101)$ است. حال مقدار مول این ماده را محاسبه می‌کنیم: $?\,mol\,SO_2=32\,g\,SO_2\times\frac{1\,mol\,SO_2}{64\,g\,SO_2}=0/5\,mol\,SO_2$

درصد مولی SO_2 که جرم مولی بیشتری دارد، برابر است با: SO_2 درصد مولی $=\frac{SO_2\ \text{مول}}{\text{مول کل}}\times100=\frac{0/5}{0/5+1/5}\times100=\%25$

هر مول SO_2 و هر مول C_2H_5OH به ترتیب دارای دو و یک اتم اکسیژن هستند، پس در این مخلوط یک مول اتم اکسیژن در SO_2 و ۱/۵ مول اتم اکسیژن در اتانول وجود دارد و در مجموع ۲/۵ مول اتم اکسیژن داریم.

مقدار مول اتم اکسیژن در مخلوط $=[1/5\,mol\,C_2H_5OH\times\frac{1\,mol\,O}{1\,mol\,C_2H_5OH}]+[0/5\,mol\,SO_2\times\frac{2\,mol\,O}{1\,mol\,SO_2}]=2/5\,mol\,O$

۴ ۴ یون مورد نظر را به صورت ${}^{A}_{Z}A^-$ در نظر می‌گیریم:

$${}^{A}_{Z}A^-\begin{cases}n=A-Z\\p=Z\\e=Z+1\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}n-e=A-2Z-1=2\\n+p+e=A+Z+1=55\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}A-2Z=3\\A+Z=54\end{cases}\Rightarrow A=37\ ,\ Z=17$$

پس تعداد نوترون‌ها برابر است با: $n=A-Z=37-17=20$

۳ ۵ اگر شمار الکترون‌های دو یون ${}^{37}_{Z_1}X^-$ و ${}_{Z_2}Y^{2+}$ با هم برابر باشد و هم‌چنین مجموع پروتون‌های این دو گونه برابر ۳۷ باشد، داریم:

پس عدد اتمی Y برابر ۲۰ است. $\begin{cases}Z_1+1=Z_2-2\\Z_1+Z_2=37\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}Z_1-Z_2=-3\\Z_1+Z_2=37\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}Z_1=17\\Z_2=20\end{cases}$

۳ ۶ عدد جرمی برابر مجموع تعداد پروتون‌ها و نوترون‌های گونه است: $\begin{cases}n+p=220\\n=1/75p\end{cases}\Rightarrow1/75p+p=2/75p=220\Rightarrow p=80$

تعداد الکترون‌ها در اتم X برابر ۸۰ است؛ زیرا X گونهٔ خنثی است. تعداد نوترون‌های این اتم برابر $140\,(1/75\times80)$ است و آخرین عنصر اصلی ماقبل این اتم در جدول مربوط به ${}_{56}Ba$ است، پس داریم: $\frac{140}{56}=2/5$.

۳ ۷ F_1 را درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر و F_3 را درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر در نظر می‌گیریم:

$$\begin{cases}F_2=F_1-5\\F_3=F_1-30\end{cases}\Rightarrow F_1+F_2+F_3=100\Rightarrow F_1+F_1-5+F_1-30=100\Rightarrow3F_1=135\Rightarrow F_1=\%45$$

۱ ۸ ابتدا تعداد نیمه‌عمرها را محاسبه می‌کنیم: $n=\frac{\Delta t}{T}=\frac{24h}{8h}=3$

روش اول: جرم متلاشی‌شده $=$ جرم اولیه $-$ جرم باقی‌مانده $=m_0-\frac{m_0}{8}=\frac{7m_0}{8}$

جرم باقی‌مانده $=m=m_0(\frac{1}{2})^n=m_0(\frac{1}{2})^3=\frac{m_0}{8}$

روش دوم:

$$m_0 \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۱}} \frac{m_0}{2} \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۲}} \frac{m_0}{4} \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۳}} \frac{m_0}{8}$$

$$\text{جرم باقی‌مانده} = m_0 - \frac{m_0}{8} = \frac{7m_0}{8} \Rightarrow \frac{\text{جرم باقی‌مانده}}{\text{جرم متلاشی‌شده}} = \frac{\frac{m_0}{8}}{\frac{7m_0}{8}} = \frac{1}{7}$$

۹ ۲ نیمه‌عمر A را محاسبه می‌کنیم:

$$m_A = m_{0A}\left(\frac{1}{2}\right)^{n_A} \Rightarrow 4/5 = 72 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n_A} \Rightarrow 2^{n_A} = 16 \Rightarrow n_A = 4 \qquad n_A = \frac{\Delta t}{T_A} \Rightarrow T_A = \frac{\Delta t}{n_A} = \frac{72\,\text{min}}{4} = 18\,\text{min}$$

نیمه‌عمر B را محاسبه می‌کنیم:

$$m_B = m_{0B}\left(\frac{1}{2}\right)^{n_B} \Rightarrow 6 = 48 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{n_B} \Rightarrow 2^{n_B} = 8 \Rightarrow n_B = 3 \qquad n_B = \frac{\Delta t}{T_B} \Rightarrow T_B = \frac{72\,\text{min}}{3} = 24\,\text{min}$$

جرم متلاشی شدهٔ A در مدت زمان ۵۴ دقیقه برابر است با:

$$n'_A = \frac{\Delta t}{T_A} = \frac{54\,\text{min}}{18\,\text{min}} = 3, \quad \text{جرم متلاشی شدهٔ A} = m_{0A} - m_A = 72 - 72\left(\frac{1}{2}\right)^3 = 63g$$

جرم باقی‌ماندهٔ B در مدت زمان ۹۶ دقیقه برابر است با:

$$n'_B = \frac{\Delta t}{T_B} = \frac{96\,\text{min}}{24\,\text{min}} = 4, \quad \text{جرم متلاشی شدهٔ B} = m_B = 48\left(\frac{1}{2}\right)^4 = 3g$$

پس داریم:

$$\frac{\text{جرم متلاشی‌شدهٔ A}}{\text{جرم باقی‌ماندهٔ B}} = \frac{63g}{3g} = 21$$

۱۰ ۳ جرم اولیهٔ رادیوایزوتوپ‌های A و B را به ترتیب m_{0A} و m_{0B} در نظر می‌گیریم:

روش اول:

$$\text{رادیوایزوتوپ A: } n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \times 60}{120} = 2 \Rightarrow m_A = m_{0(A)}\left(\frac{1}{2}\right)^2 \Rightarrow m_A = \frac{m_{0(A)}}{4}$$

$$\text{رادیوایزوتوپ A متلاشی‌شده} = m_{0(A)} - m_A = m_{0(A)} - \frac{m_{0(A)}}{4} = \frac{3m_{0(A)}}{4}$$

$$\text{رادیوایزوتوپ B: } n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \times 60}{80} = 3 \Rightarrow \text{رادیوایزوتوپ B باقی‌مانده} = m_B = m_{0(B)}\left(\frac{1}{2}\right)^3 \Rightarrow m_B = \frac{m_{0(B)}}{8}$$

اکنون نسبت مقدار اولیهٔ رادیوایزوتوپ B به مقدار اولیهٔ رادیو ایزوتوپ A را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم B باقی‌مانده} = \text{جرم A متلاشی شده} \Rightarrow \frac{3m_{0(A)}}{4} = \frac{m_{0(B)}}{8} \Rightarrow \frac{m_{0(B)}}{m_{0(A)}} = 6$$

روش دوم:

$$\text{رادیو ایزوتوپ A: } n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \times 60}{120} = 2 \Rightarrow m_{0(A)} \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۱}} \frac{m_{0(A)}}{2} \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۲}} \frac{m_{0(A)}}{4}$$

$$\text{رادیو ایزوتوپ B: } n = \frac{\Delta t}{T} = \frac{4 \times 60}{80} = 3 \Rightarrow m_{0(B)} \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۱}} \frac{m_{0(B)}}{2} \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۲}} \frac{m_{0(B)}}{4} \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۳}} \frac{m_{0(B)}}{8}$$

$$\text{جرم B باقی‌مانده} = \text{جرم A متلاشی‌شده} \Rightarrow m_{0(A)} - \frac{m_{0(A)}}{4} = \frac{m_{0(B)}}{8} \Rightarrow \frac{3m_{0(A)}}{4} = \frac{m_{0(B)}}{8} \Rightarrow \frac{m_{0(B)}}{m_{0(A)}} = 6$$

۱۱ ۳ در اتم ${}^{2/5Z}_{Z}X$، Z عدد پروتون، $1/5Z$ عدد نوترون و Z عدد الکترون وجود دارد. اگر جرم الکترون را m_e در نظر بگیریم، می‌توانیم بیان کنیم:

$$\text{جرم الکترون‌ها} = Z \times m_e = Zm_e$$

$$\text{جرم اتمی } {}^{2/5Z}_{Z}X = \text{جرم پروتون} + \text{جرم نوترون} + \underbrace{\text{جرم الکترون}}_{\text{می‌توان صرف نظر کرد}} = Z(2000m_e) + 1/5Z(2000m_e) = 5000Zm_e$$

اکنون نسبت جرم اتم ${}^{2/5Z}_{Z}X$ را به جرم الکترون‌های آن به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم اتم } {}^{2/5Z}_{Z}X}{\text{جرم الکترون‌ها}} = \frac{5000Zm_e}{Zm_e} = 5000$$

۱۲ ۱ جرم یک اتم کربن - ۱۲ برابر ۱۲ واحد کربنی یعنی ۱۲amu است، پس جرم یک اتم کلسیم برابر است با:

$$?\,g = 1\,\text{atom Ca} \times \frac{1\,\text{atom C}}{0/3\,\text{atom Ca}} \times \frac{12\,\text{amu}}{1\,\text{atom C}} \times \frac{1/66 \times 10^{-24}\,g}{1\,\text{amu}} = 6/64 \times 10^{-23}\,g = 6/64 \times 10^{-n}\,g \Rightarrow n = 23$$

با توجه به یک اتم X، جرم آن را برحسب amu محاسبه می‌کنیم:

$$?\,amu = ۲/۶۵۶\times۱۰^{-۲۳}\,g\times\frac{۱\,amu}{۱/۶۶\times۱۰^{-۲۴}\,g}=۱۶\,amu$$

بنابراین جرم یک مول CX برابر ۲۸amu (۱۲+۱۶) و جرم یک مولکول $CX_۲$ برابر ۴۴amu (۱۲+۲×۱۶) است. پس نسبت جرم مولکولی CX به $CX_۲$ برابر $\frac{۲۸}{۴۴}$ (۰/۶۳) می‌باشد.

۱۳ ۴ در این سؤال از جرم الکترون‌ها صرف‌نظر می‌کنیم و جرم پروتون و نوترون را برابر ۱amu فرض می‌کنیم.

$$\left.\begin{array}{l}\text{۲۵ اتم } {}^{۲۴}_{۱۲}Mg \leftarrow ۱۲ \text{ پروتون و ۱۲ نوترون}\\ \text{۲ اتم } {}^{۲۵}_{۱۲}Mg \leftarrow ۱۲ \text{ پروتون و ۱۳ نوترون}\\ \text{۳ اتم } {}^{۲۶}_{۱۲}Mg \leftarrow ۱۲ \text{ پروتون و ۱۴ نوترون}\end{array}\right\}\Rightarrow \text{درصد جرمی پروتون‌ها}=\frac{\text{جرم پروتون‌ها}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰\Rightarrow\frac{۳۰\times۱۲}{(۲۵\times۲۴)+(۲\times۲۵)+(۳\times۲۶)}\times۱۰۰\simeq٪۴۹$$

۱۴ ۴ روش اول:

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{F_۱+F_۲}=\frac{(۶۵\times۳۰)+(۶۳\times۵۰)}{۸۰}=\frac{۵۱۰۰}{۸۰}=۶۳/۷۵\,amu$$

روش دوم:

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)\Rightarrow\bar{M}=۶۳+\frac{۳۰}{۸۰}(۶۵-۶۳)=۶۳/۷۵\,amu$$

۱۵ ۱ درصد فراوانی سه ایزوتوپ ${}^{۳a+۴}X$ ، ${}^{۴a-۳}X$ و ${}^{۴a-۱}X$ را $F_۱$ ، $F_۲$ و $F_۳$ در نظر می‌گیریم:

$$\left\{\begin{array}{ll}{}^{۳a+۴}X & F_۱\\ {}^{۴a-۳}X & F_۲\\ {}^{۴a-۱}X & F_۳\end{array}\right.\Rightarrow\left\{\begin{array}{l}۴a-۱-(۳a+۴)=۳\Rightarrow a=۸\\ F_۱-F_۳=۴۵\Rightarrow F_۳=F_۱-۴۵\\ F_۲=۱۰۰-F_۱-F_۳=۱۰۰-F_۱-(F_۱-۴۵)=۱۴۵-۲F_۱\end{array}\right.\Rightarrow\left\{\begin{array}{ll}{}^{۲۸}X & F_۱\\ {}^{۲۹}X & ۱۴۵-۲F_۱\\ {}^{۳۱}X & F_۱-۴۵\end{array}\right.$$

روش اول:

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{F_۱+F_۲+F_۳}\Rightarrow۲۸/۷۵=\frac{۲۸F_۱+۲۹(۱۴۵-۲F_۱)+۳۱(F_۱-۴۵)}{۱۰۰}\Rightarrow F_۱=٪۶۵$$

روش دوم:

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)\Rightarrow۲۸/۷۵=۲۸+\frac{(۱۴۵-۲F_۱)}{۱۰۰}(۱)+\frac{(F_۱-۴۵)}{۱۰۰}(۳)\Rightarrow F_۱=٪۶۵$$

۱۶ ۲ باید جرم اتمی میانگین کربن و اکسیژن موجود در نمونه را محاسبه کنیم:

روش اول:

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{F_۱+F_۲},\quad \bar{C}=\frac{(۱۲\times۳)+(۱۳\times۱)}{۴}=۱۲/۲۵\,amu,\quad \bar{O}=\frac{(۱۶\times۸۰)+(۱۷\times۲۰)}{۱۰۰}=۱۶/۲\,amu$$

روش دوم:

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱),\quad \bar{M}_C=۱۲+\frac{۱}{۴}(۱۳-۱۲)=۱۲/۲۵\,amu,\quad \bar{M}_O=۱۶+\frac{۲۰}{۱۰۰}(۱۷-۱۶)=۱۶/۲\,amu$$

جرم مولکولی میانگین کربن دی‌اکسید موجود در نمونه برابر است با:

$$CO_۲: ۱۲/۲۵+۲(۱۶/۲)=۴۴/۶۵\,amu$$

۱۷ ۲ روش اول:

$$?\,mol\,C=۲۴/۰۸\times۱۰^{۲۲}\,atom\,C\times\frac{۱\,mol\,C}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,C}=۰/۴\,mol\,C$$

$$?\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶=۹۰\,g\,C_۶H_{۱۲}O_۶\times\frac{۱\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱۸۰\,g\,C_۶H_{۱۲}O_۶}=۰/۵\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶$$

پس نسبت شمار مول‌های کربن به گلوکز برابر است با:

$$\frac{\text{تعداد مول‌های کربن}}{\text{تعداد مول‌های گلوکز}}=\frac{۰/۴}{۰/۵}=۰/۸$$

روش دوم:

$$\frac{\text{تعداد مول}}{۱}=\frac{\text{تعداد ذره}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}\Rightarrow\frac{x\,mol\,C}{۱}=\frac{۲۴/۰۸\times۱۰^{۲۲}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}}\Rightarrow x=۰/۴\,mol\,C$$

$$\frac{\text{تعداد مول}}{۱}=\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{y\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱}=\frac{۹۰}{۱۸۰}\Rightarrow y=۰/۵\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶$$

پس نسبت شمار مول‌های کربن به گلوکز برابر است با:

$$\frac{\text{تعداد مول‌های کربن}}{\text{تعداد مول‌های گلوکز}}=\frac{۰/۴}{۰/۵}=۰/۸$$

۱۸ ۳ تعداد نوترون‌های یک مولکول آمونیاک برابر ۷ است، زیرا اتم نیتروژن دارای ۷ نوترون است و اتم‌های هیدروژن نوترون ندارند. تعداد نوترون‌ها در ۰/۱۷ گرم $NH_۳$ برابر است با:

روش اول:

$$?\,\text{نوترون}\,(\text{در } NH_۳)=۰/۱۷g\,NH_۳\times\frac{۱\,mol\,NH_۳}{۱۷g\,NH_۳}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,NH_۳}{۱\,mol\,NH_۳}\times\frac{\text{نوترون }۷}{۱\,molecule\,NH_۳}\simeq۴۲\times۱۰^{۲۱}\,\text{نوترون}$$

روش دوم: $\text{تعداد نوترون در } NH_3 = \frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد ذره}}{N_A \times ۷} \Rightarrow \frac{۰/۱۷}{۱۷} = \frac{x}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۷} = x \simeq ۴۲\times۱۰^{۲۱}$ نوترون

مقدار مول اتم‌های کروم که در آن‌ها ۴۲×۱۰^{۲۱} نوترون وجود دارد، برابر است با:

روش اول: $?\,mol\,Cr = ۴۲\times۱۰^{۲۱}\ \text{نوترون} \times \frac{۱\,atom\,Cr}{۲۸\ \text{نوترون}} \times \frac{۱\,mol\,Cr}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,Cr} \simeq ۲/۵\times۱۰^{-۳}\,mol\,Cr$

روش دوم: $\text{مول کروم}: \frac{\text{مول}}{۱} = \frac{\text{تعداد ذره}}{N_A \times ۲۸} \Rightarrow \frac{y}{۱} = \frac{۴۲\times۱۰^{۲۱}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۲۸} \Rightarrow y \simeq ۲/۵\times۱۰^{-۳}\,mol\,Cr$

۱۹ ۱ فراوانی ایزوتوپ‌های Mg به صورت مقابل است: $^{۲۵}Mg \quad F_۲ = ٪۱۰, \quad ^{۲۶}Mg \quad F_۳ = ٪۱۱, \quad ^{۲۴}Mg \quad F_۱ = ۱۰۰ - (F_۲ + F_۳) = ٪۷۹$

جرم اتمی میانگین Mg را محاسبه می‌کنیم: **روش اول:** $\overline{M} = \frac{M_۱F_۱ + M_۲F_۲ + M_۳F_۳}{F_۱ + F_۲ + F_۳} = \frac{(۲۴\times۷۹) + (۲۵\times۱۰) + (۲۶\times۱۱)}{۱۰۰} = ۲۴/۳۲\,amu$

روش دوم: $\bar{M} = M_۱ + \frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲ - M_۱) + \frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳ - M_۱) \Rightarrow \bar{M}_{Mg} = ۲۴ + \frac{۱۰}{۱۰۰}(۲۵-۲۴) + \frac{۱۱}{۱۰۰}(۲۶-۲۴) = ۲۴/۳۲\,amu$

مقدار مول این نمونه ۱/۲۱۶ گرمی Mg برابر است با: $?\,mol\,Mg = ۱/۲۱۶g\,Mg \times \frac{۱\,mol\,Mg}{۲۴/۳۲g\,Mg} = ۰/۰۵mol\,Mg$

اختلاف درصد فراوانی ^{۲۴}Mg و ^{۲۶}Mg برابر ٪۶۸ است، پس اختلاف تعداد اتم‌های این دو ایزوتوپ برابر است با:

$?\,atom\ \text{اختلاف} = ۰/۰۵mol\,Mg \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,Mg}{۱\,mol\,Mg} \times \frac{۶۸\ \text{اختلاف}\,atom}{۱۰۰\,atom\,Mg} \simeq ۲/۰۵\times۱۰^{۲۲}\,atom$ اختلاف

میانبر محاسباتی

$۰/۰۵\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times\frac{۶۸}{۱۰۰} \xrightarrow[\text{در نظر گرفتن صفر و اعشار}]{\text{ساده کردن بدون}} \overset{۳۰۱۰}{۵\times۶۰۲\times۶۸} = ۲۰۴۶۸۰ \simeq ۲۰۵$

عدد اصلی ۲۰۵ است.

۲۰ ۱ ابتدا تعداد مول اتم‌های هیدروژن را محاسبه می‌کنیم: $?\,mol\,H = ۱۵۶/۵۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,H \times \frac{۱\,mol\,H}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom\,H} = ۲۶mol\,H$

مول متان را x و مول پروپان را y در نظر می‌گیریم، پس متان که $۱۶x$ گرم جرم دارد، دارای $۴x$ مول هیدروژن و پروپان که $۴۴y$ جرم دارد، دارای $۸y$ مول هیدروژن است، آن‌گاه داریم:

$$\begin{cases} ۴x + ۸y = ۲۶ \\ ۱۶x + ۴۴y = ۱۴۰ \end{cases} \Rightarrow x = ۰/۵, y = ۳$$

پس جرم متان برابر است با: $?\,g\,CH_۴ = ۰/۵mol\,CH_۴ \times \frac{۱۶g\,CH_۴}{۱mol\,CH_۴} = ۸g\,CH_۴$

در نتیجه درصد جرمی متان برابر است با: $\text{درصد جرمی متان} = \frac{۸}{۱۴۰}\times۱۰۰ \simeq ٪۵/۷$

فصل اول: آزمون جامع ۲

۱ ۲ در گونهٔ $^{A}_{Z}X^{۲+}$ داریم:

$$^{A}_{Z}X^{۲+}\begin{cases} n = A - Z \\ p = Z \\ e = Z - ۲ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n - e = A - Z - (Z-۲) = ۲۷ \\ n + p + e = A - Z + Z + Z - ۲ = ۱۹۱ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A - ۲Z = ۲۵ \\ A + Z = ۱۹۳ \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = ۱۳۷ \\ Z = ۵۶ \end{cases}$$

از میان گونه‌های داده شده، $^{۱۳۹}_{۵۶}E$ و $^{۱۴۰}_{۵۶}F$ ایزوتوپ‌های $^{۱۳۷}_{۵۶}X$ هستند. توجه کنید که $^{۱۳۷}_{۵۶}B$ خود X است و نباید آن را به حساب آورد.

۲ ۳ ابتدا جرم مولی $CH_۲Cl_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$۱/۵۰۵\times۱۰^{۲۲}\,molecule\,CH_۲Cl_۲ \times \frac{۱\,mol\,CH_۲Cl_۲}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,CH_۲Cl_۲} \times \frac{M\,g\,CH_۲Cl_۲}{۱\,mol\,CH_۲Cl_۲} = ۲/۱۴g\,CH_۲Cl_۲ \Rightarrow M = ۸۵/۶g.mol^{-۱}$$

سپس با توجه به جرم مولی کربن و هیدروژن، برای کلر داریم: $۸۵/۶ = ۱۲ + ۲(۱) + ۲\bar{M}_{Cl} \Rightarrow \bar{M}_{Cl} = ۳۵/۸g.mol^{-۱}$

اکنون درصد فراوانی $^{۳۵}_{۱۷}Cl$ را x و درصد فراوانی $^{۳۷}_{۱۷}Cl$ را $(۱۰۰-x)$ در نظر گرفته و درصد فراوانی آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

روش اول: $\bar{M} = \frac{M_۱F_۱ + M_۲F_۲}{F_۱ + F_۲} \Rightarrow ۳۵/۸ = \frac{۳۵x + ۳۷(۱۰۰-x)}{۱۰۰} \Rightarrow x = ٪۶۰$

روش دوم: $\bar{M}=M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1)\Rightarrow 35/8=35+\frac{100-x}{100}(37-35)\Rightarrow x=\%60$

پس درصد فراوانی دو ایزوتوپ برابر ۶۰٪ و ۴۰٪ بوده و اختلاف آن‌ها برابر ۲۰ است.

۳ ۱ عدد جرمی دو ایزوتوپ را A_1 و A_2 فرض می‌کنیم و داریم:

$${}^{A_1}_{Z}Y_1: A_1-Z-Z=A_1-2Z=4\Rightarrow A_1=2Z+4 \qquad {}^{A_2}_{Z}Y_2: A_2-Z-Z=A_2-2Z=6\Rightarrow A_2=2Z+6$$

برای محاسبهٔ درصد فراوانی این دو ایزوتوپ داریم:

$$\begin{cases} F_1+F_2=100 \\ F_1-F_2=68 \end{cases}\Rightarrow F_1=84\,,\,F_2=16$$

روش اول: $\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}\Rightarrow 52/32=\frac{(2Z+4)\times 84+(2Z+6)\times 16}{100}\Rightarrow Z=24$

روش دوم: $\bar{M}=M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1)\Rightarrow 52/32=2Z+4+\frac{16}{100}(2)\Rightarrow Z=24$

با توجه به آرایش الکترونی ${}_{24}Cr$، تعداد الکترون‌های موجود در زیرلایهٔ $3d$ که $n+l=5$ است، برابر ۵ می‌باشد. ${}_{24}Cr: 1s^2/2s^2 2p^6/3s^2 3p^6 3d^5/4s^1$

۴ ۲ چون دو ذره ایزوتوپ هستند پس عدد اتمی هر دو با هم برابر است.

$$\begin{cases} 5n+1=3m+4 \\ 8m+1-(5n+1)=5n+1+1 \end{cases}\Rightarrow \begin{cases} 5n-3m=3 \\ 8m-10n=2 \end{cases}\Rightarrow m=4\,,\,n=3$$

پس حاصل عبارت داده شده برابر است با:

$$4m-3n=16-9=7$$

این عنصر دارای ۱۶ $(1+(3)5)$ پروتون است، پس عنصر مورد نظر گوگرد است. یون پایدار این اتم ${}_{16}S^{2-}$ بوده و آرایش الکترونی آن به‌صورت ${}_{16}S^{2-}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ است. نسبت تعداد الکترون‌های با $l=0$ (زیرلایهٔ s) به الکترون‌های با $l=1$ (زیرلایهٔ p) برابر $0/5$ $(\frac{6}{12})$ است.

۵ ۳ ابتدا تعداد نیمه‌عمرها را محاسبه می‌کنیم: $n=\frac{\Delta t}{T}=\frac{40\,min}{10\,min}=4$. شمار مول‌های باقی‌مانده پس از ۴۰ دقیقه برابر است با: روش اول:

$$m=m_0(\frac{1}{2})^n\Rightarrow m=10(\frac{1}{2})^4=\frac{5}{8}\,mol$$

تعداد اتم‌های باقی‌مانده برابر است با:

$$?\,atom\,Rg=\frac{5}{8}\,mol\,Rg\times\frac{6\times10^{23}\,atom\,Rg}{1\,mol\,Rg}=3/75\times10^{23}\,atom\,Rg$$

روش دوم: $10\,mol \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۱}} 5\,mol \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۲}} \frac{5}{2}\,mol \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۳}} \frac{5}{4}\,mol \xrightarrow{\text{نیمه‌عمر ۴}} \frac{5}{8}\,mol$

$$\frac{\text{تعداد مول}}{1}=\frac{\text{تعداد ذره}}{6\times10^{23}}\Rightarrow\frac{5}{8}=\frac{x}{6\times10^{23}}\Rightarrow x=3/75\times10^{23}\,atom\,Rg$$

۶ ۱ درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را F_1 و درصد فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر را F_2 در نظر می‌گیریم:

$$\begin{cases} F_2=F_1+60 \\ F_1+F_2=100 \end{cases}\Rightarrow F_1=\%20\,,\,F_2=\%80$$

در ایزوتوپ سبک‌تر تعداد نوترون‌ها $(A-Z)$ برابر ۷۳ است. پس داریم:

$$A=2Z+20\Rightarrow A-2z=20\Rightarrow \underbrace{A-Z}_{\text{تعداد نوترون‌ها}}-Z=20\Rightarrow 73-Z=20\Rightarrow Z=53$$

پس جرم ایزوتوپ سبک‌تر $126\,amu$ $(73+53)$ است. جرم ایزوتوپ سنگین‌تر را محاسبه می‌کنیم:

روش اول: $\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}\Rightarrow 126/8=\frac{(126\times20)+(M_2\times80)}{100}\Rightarrow M_2=127\,amu$

روش دوم: $\bar{M}=M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1)\Rightarrow 126/8=126+\frac{80}{100}(M_2-126)\Rightarrow M_2=127\,amu$

پس تعداد نوترون‌های ایزوتوپ سنگین‌تر برابر ۷۴ $(127-53)$ است.

۷ ۲ ابتدا جرم مولی گلوکز مورد نظر را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم مولی } C_6H_{12}O_6=2({}^{12}C)+2({}^{13}C)+2({}^{14}C)+4({}^{1}H)+4({}^{2}H)+4({}^{3}H)+2({}^{16}O)+2({}^{17}O)+2({}^{18}O)=204\,g.mol^{-1}$$

سپس جرم نمونهٔ گلوکز شامل $36/12\times10^{22}$ اتم هیدروژن را به‌دست می‌آوریم: روش اول:

$$?\,g\,C_6H_{12}O_6=36/12\times10^{22}\,atom\,H\times\frac{1\,molecule\,C_6H_{12}O_6}{12\,atom\,H}\times\frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{6/02\times10^{23}\,molecule\,C_6H_{12}O_6}\times\frac{204\,g\,C_6H_{12}O_6}{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}=10/2\,g\,C_6H_{12}O_6$$

روش دوم: جرم گلوکز: $\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times ۱۲}\Rightarrow\frac{x}{۲۰۴}=\frac{۳۶/۱۲\times۱۰^{۲۲}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۱۲}\Rightarrow x=۱۰/۲g\ C_۶H_{۱۲}O_۶$

میانبر محاسباتی: $\frac{x}{۲۰۴}=\frac{۳۶/۱۲\times۱۰^{۲۲}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۱۲}\Rightarrow x=\frac{۳۶/۱۲\times۱۰^{۲۳}\times۲۰۴}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۱۲}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{۶\times۲۰۴}{۱۰\times۱۲}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}x=\frac{۲۰۴}{۲۰}=۱۰/۲$

۸ ابتدا باید تعداد ذرات زیراتمی این گونه را محاسبه کنیم: روش اول: $\begin{cases}n+p=۷۸\\n-e=۸\end{cases}\xrightarrow{e=p+۲}\begin{cases}n+p=۷۸\\n-p=۱۰\end{cases}\Rightarrow n=۴۴\ ,\ p=۳۴$

روش دوم: $\text{عدد اتمی}=\frac{\text{عدد جرمی}-(\text{تفاوت تعداد نوترون‌ها و الکترون‌ها})+\text{بار یون}}{۲}\Rightarrow p=\frac{۷۸-۸-۲}{۲}=۳۴\Rightarrow n=۴۴$

سپس تعداد نوترون‌ها در ۳۱/۲ گرم از این یون را به‌دست می‌آوریم: روش اول: $?\,n=۳۱/۲g\ ion\times\frac{۱\,mol\ ion}{۷۸g\ ion}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,ion}{۱\,mol\ ion}\times\frac{۴۴n}{۱\,ion}\simeq۱/۰۶\times۱۰^{۲۵}n$

روش دوم: $\text{تعداد نوترون}:\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times۴۴}\Rightarrow\frac{۳۱/۲}{۷۸}=\frac{x}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۴۴}\Rightarrow x\simeq۱/۰۶\times۱۰^{۲۵}n$

۹ درصد فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر را $F_۱$ و درصد فراوانی دو ایزوتوپ دیگر را $F_۲$ و $F_۳$ در نظر می‌گیریم:

$$\begin{cases}F_۲=F_۳\\F_۱=۴(F_۲+F_۳)\\F_۱+F_۲+F_۳=۱۰۰\end{cases}\Rightarrow F_۱=٪۸۰\ ,\ F_۲=٪۱۰\ ,\ F_۳=٪۱۰$$

پس جرم اتمی میانگین Mg برابر است با: روش اول: $\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{F_۱+F_۲+F_۳}=\frac{(۲۴\times۸۰)+(۲۵\times۱۰)+(۲۶\times۱۰)}{۱۰۰}=۲۴/۳amu$

روش دوم: $\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)\Rightarrow\bar{M}=۲۴+\frac{۱۰}{۱۰۰}(۱)+\frac{۱۰}{۱۰۰}(۲)=۲۴/۳amu$

مقدار ^{۲۴}Mg موجود در نمونه را محاسبه می‌کنیم: $?\,g\ ^{۲۴}Mg=۸۱g\ Mg\times\frac{۱\,mol\,Mg}{۲۴/۳g\ Mg}\times\frac{۸۰mol\ ^{۲۴}Mg}{۱۰۰\,mol\,Mg}\times\frac{۲۴g\ ^{۲۴}Mg}{۱\,mol\ ^{۲۴}Mg}=۶۴g\ ^{۲۴}Mg$

۱۰ ابتدا جرم مولی میانگین Mg را محاسبه می‌کنیم: (جرم مولی منیزیم نیترید را X در نظر می‌گیریم)

روش اول: $۹/۰۳\times۱۰^{۲۳}ion(Mg^{۲+},N^{۳-})=۳۰/۴۵g\ Mg_۳N_۲\times\frac{۱\,mol\,Mg_۳N_۲}{X\,g\,Mg_۳N_۲}\times\frac{۵mol\ ion}{۱\,mol\,Mg_۳N_۲}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,ion}{۱\,mol\ ion}\Rightarrow X=۱۰۱/۵g.mol^{-۱}$

روش دوم: $\text{جرم مولی }Mg_۳N_۲:\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times۵}\Rightarrow\frac{۳۰/۴۵}{X}=\frac{۹/۰۳\times۱۰^{۲۳}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۵}\Rightarrow X=۱۰۱/۵g.mol^{-۱}$

پس جرم مولی میانگین Mg برابر است با: $۱۰۱/۵=۳\bar{M}_{Mg}+۲(۱۴)\Rightarrow\bar{M}_{Mg}=۲۴/۵g.mol^{-۱}$

مجموع درصد فراوانی $F_۲$ و $F_۳$ برابر ٪۳۰ است که داریم: روش اول:

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{F_۱+F_۲+F_۳}\Rightarrow۲۴/۵=\frac{(۲۴\times۷۰)+(۲۵\times F_۲)+(۲۶\times(۳۰-F_۲))}{۱۰۰}\Rightarrow۲۴۵۰=۱۶۸۰+۲۵F_۲+۷۸۰-۲۶F_۲\Rightarrow F_۲=٪۱۰,F_۳=٪۲۰$$

روش دوم: $\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)\Rightarrow۲۴/۵=۲۴+\frac{F_۲}{۱۰۰}(۲۵-۲۴)+\frac{۳۰-F_۲}{۱۰۰}(۲۶-۲۴)\Rightarrow F_۲=٪۱۰,F_۳=٪۲۰$

شمار کاتیون‌ها در $Mg_۳N_۲$ و شمار اتم‌های اکسیژن در $SO_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول: $?\,mol\,Mg^{۲+}=۳۰/۴۵g\ Mg_۳N_۲\times\frac{۱\,mol\,Mg_۳N_۲}{۱۰۱/۱g\ Mg_۳N_۲}\times\frac{۳mol\,Mg^{۲+}}{۱\,mol\,Mg_۳N_۲}=۰/۹mol\ ion^{+}$

$?\,mol\,O=۹/۶g\,SO_۲\times\frac{۱\,mol\,SO_۲}{۶۴g\,SO_۲}\times\frac{۲mol\,O}{۱\,mol\,SO_۲}=۰/۳mol\,O$

روش دوم: شمار کاتیون در Mg_3N_2: $\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times ۳}\Rightarrow\frac{۳۰/۴۵}{۱۰۱/۵}=\frac{x}{N_A\times ۳}\Rightarrow x=۰/۹N_A Mg^{۲+}$

شمار اتم اکسیژن در SO_2: $\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times ۲}\Rightarrow\frac{۹/۶}{۶۴}=\frac{y}{N_A\times ۲}\Rightarrow y=۰/۳N_A atom\,O$

پس داریم: $\frac{\text{شمار کاتیون در } Mg_3N_2}{\text{شمار اتم اکسیژن در } SO_2}=\frac{۰/۹}{۰/۳}=۳$

فصل اول: آزمون جامع ۳

۱ ۳ گزینه‌ها را بررسی می‌کنیم:

گزینهٔ (۱): آرایش الکترونی $A^{۲-}$ با هشت زیرلایهٔ پر از الکترون به صورت مقابل است: $A^{۲-}:۱s^۲۲s^۲۲p^۶۳s^۲۳p^۶۳d^{۱۰}۴s^۲۴p^۶$

پس $A^{۲-}$ دارای ۳۶ الکترون است و عدد اتمی A برابر ۳۴ است. برای تعداد نوترون‌ها داریم: $n-e=۴\Rightarrow n-۳۶=۴\Rightarrow n=۴۰$

عدد جرمی این گونه برابر ۷۴ (۴۰+۳۴) است، پس $^{۷۴}_{۳۴}A$ و $^{۷۸}_{۳۴}Se$ ایزوتوپ یکدیگر هستند. گزینهٔ (۲): در اتم ^{۷۹}G اختلاف تعداد ذرات داخل و خارج هسته برابر تعداد نوترون‌ها است، پس این اتم ۴۵ نوترون دارد و عدد اتمی آن برابر ۳۴ (۴۵–۷۹) است، پس $^{۷۹}_{۳۴}G$ و $^{۷۸}_{۳۴}Se$ ایزوتوپ یکدیگر هستند. گزینهٔ (۳): گونهٔ $B^{۲-}$ با ۳۶ الکترون دارای ۳۴ پروتون است. داریم: $(\text{ذرات زیراتمی بدون بار})-(\text{ذرات زیراتمی باردار})=p+e-(n)=۳۴+۳۶-n=۲۶\Rightarrow n=۴۴$

پس عدد جرمی این گونه برابر ۷۸ (۴۴+۳۴) است، در نتیجه $^{۷۸}_{۳۴}B$ همان $^{۷۸}_{۳۴}Se$ است و ایزوتوپ آن به شمار نمی‌آید. گزینهٔ (۴): فراوان‌ترین نافلز و فراوان‌ترین فلز تشکیل‌دهندهٔ کرهٔ زمین به ترتیب $_۸O$ و $_{۲۶}Fe$ است. اکسیژن در گروه ۱۶ و آهن در دورهٔ چهارم جدول دوره‌ای قرار دارند، پس عنصری که در گروه ۱۶ و دورهٔ ۴ باشد، دارای عدد اتمی ۳۴ است. با توجه به تعداد نوترون‌های این عنصر، عدد جرمی آن برابر ۸۰ (۴۶+۳۴) است، پس عنصر $^{۸۰}_{۳۴}X$ و $^{۷۸}_{۳۴}Se$ ایزوتوپ یکدیگر هستند.

۲ ۴ از اطلاعات (I) داریم: $n_A=\frac{\Delta t}{T_A}=\frac{۱۲۰\,min}{۴۰\,min}=۳$ $\quad n_B=\frac{\Delta t}{T_B}=\frac{۲۰۰\,min}{۵۰\,min}=۴$

$$\text{جرم متلاشی‌شدهٔ A}=\frac{۷}{۱۰}(\text{جرم متلاشی‌شدهٔ B})\Rightarrow m_{۰A}-m_A(\tfrac{۱}{۲})^۳=\frac{۷}{۱۰}(m_{۰B}-m_B(\tfrac{۱}{۲})^۴)\Rightarrow m_{۰A}(۱-\tfrac{۱}{۸})=\frac{۷}{۱۰}m_{۰B}(۱-\tfrac{۱}{۱۶})$$

$$\Rightarrow\frac{۷}{۸}m_{۰A}=\frac{۷}{۱۰}m_{۰B}(\frac{۱۵}{۱۶})\Rightarrow m_{۰A}=\frac{۳}{۴}m_{۰B}\quad (*)$$

از اطلاعات (II) داریم: $n'_A=\frac{\Delta t}{T_A}=\frac{۲۰۰\,min}{۴۰\,min}=۵$ $\quad n'_B=\frac{\Delta t}{T_B}=\frac{۳۰۰\,min}{۵۰\,min}=۶$

$$\text{جرم باقی‌ماندهٔ A}=۰/۷۵+\text{جرم باقی‌ماندهٔ B}\Rightarrow m_{۰A}(\tfrac{۱}{۲})^۵=۰/۷۵+m_B(\tfrac{۱}{۲})^۶\Rightarrow m_{۰A}(\tfrac{۱}{۳۲})=\frac{۳}{۴}+m_B(\tfrac{۱}{۶۴})\Rightarrow\frac{۲m_{۰A}-m_{۰B}}{۶۴}=\frac{۳}{۴}$$

$$\Rightarrow ۲m_{۰A}-m_{۰B}=۴۸\quad (**)$$

از (*) و (**) داریم: $\begin{cases}m_{۰A}=\frac{۳}{۴}m_{۰B}\\ ۲m_{۰A}-m_{۰B}=۴۸\end{cases}\Rightarrow m_{۰A}=۷۲g\ ,\ m_{۰B}=۹۶g$

۲ ۳ روش اول: $۱۵/۰۵\times۱۰^{۲۲}\,atom=۱۰/۳۵g\ XeF_n\times\frac{۱\,mol\,XeF_n}{(۱۳۱+۱۹n)g\,XeF_n}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,XeF_n}{۱\,mol\,XeF_n}\times\frac{(۱+n)\,atom\ (Xe\ ,F)}{۱\,molecule\,XeF_n}$

$$\Rightarrow\frac{۱۰/۳۵\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}(n+۱)}{۱۳۱+۱۹n}=۱۵/۰۵\times۱۰^{۲۲}\Rightarrow n=۴$$

روش دوم: $\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times(۱+n)}\Rightarrow\frac{۱۰/۳۵}{۱۳۱+۱۹n}=\frac{۱۵/۰۵\times۱۰^{۲۲}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}(۱+n)}\Rightarrow n=۴$

ترکیب مورد نظر XeF_4 است، پس داریم:

روش اول: $?\,g\,XeF_۴=۲۶/۶g\,F\times\frac{۱\,mol\,F}{۱۹g\,F}\times\frac{۱\,mol\,XeF_۴}{۴mol\,F}\times\frac{۲۰۷g\,XeF_۴}{۱\,mol\,XeF_۴}=۷۲/۴۵g\,XeF_۴$

روش دوم: $\frac{\text{جرم ماده F}}{\text{جرم مولی F}}=\frac{\text{جرم ماده } XeF_۴}{\text{جرم مولی } XeF_۴}\Rightarrow\frac{۲۶/۶}{۱۹\times۴}=\frac{x}{۲۰۷}\Rightarrow x=۷۲/۴۵g\,XeF_۴$

میانبر محاسباتی

$$\frac{۱۰/۳۵}{۱۹n+۱۳۱}=\frac{۱۵/۰۵\times۱۰^{۲۲}}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}(n+۱)}\xrightarrow{\text{مرتب کردن و ساده‌سازی}}\frac{n+۱}{۱۹n+۱۳۱}=\frac{\overset{۲/۵}{۱۵/۰۵\times۱۰^{۲۲}}}{۶/۰۲\times\underset{۱۰}{۱۰^{۲۳}}\times۱۰/۳۵}=\frac{۲/۵}{۱۰\times۱۰/۳۵}\xrightarrow{\text{دسته‌بندی}}$$

$$\frac{۲۵}{۱۰۳۵}\times\frac{۱۰^{-۱}}{۱۰\times۱۰^{-۲}}=\frac{\overset{۵}{\cancel{۲۵}}}{\underset{۲۰۷}{\cancel{۱۰۳۵}}}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{n+۱}{۱۹n+۱۳۱}=\frac{۵}{۲۰۷}\xrightarrow[\text{به‌جای ۲۰۷ و ۱۳۱اعداد ۲۰۰ و ۱۳۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌سازی}}$$

$$\frac{n+۱}{۱۹n+۱۳۰}=\frac{۵}{\underset{۴۰}{۲۰۰}}\Rightarrow۴۰n+۴۰=۱۹n+۱۳۰\Rightarrow۲۱n=۹۰\Rightarrow n=۴/۳$$

پاسخ به عدد ۴ نزدیک است.

۴ ۴ برای ایزوتوپ A داریم:

$$A\begin{cases}^{۱۴}A & F_۱=٪۸۵\\ ^{۱۵}A & F_۲=٪۵\\ ^{X}A & F_۳=٪۱۰\end{cases}\Rightarrow\bar{M}_A=۱۴/۲۵\,amu$$

روش اول:

$$\bar{M}_A=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{F_۱+F_۲+F_۳}\Rightarrow۱۴/۲۵=\frac{(۱۴\times۸۵)+(۱۵\times۵)+(X\times۱۰)}{۱۰۰}\Rightarrow X=۱۶\,amu$$

روش دوم:

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)\Rightarrow۱۴/۲۵=۱۴+\frac{۵}{۱۰۰}(۱۵-۱۴)+\frac{۱۰}{۱۰۰}(X-۱۴)\Rightarrow X=۱۶\,amu$$

برای ایزوتوپ B داریم:

$$B\begin{cases}^{۷۹}B: & F_۱=?\\ ^{۸۰}B: & F_۲=?\\ ^{Y}B: & F_۳=?\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}F_۱+F_۲=۸۵\\ F_۱-F_۲=۷۵\end{cases}\Rightarrow F_۱=٪۸۰\ ,\ F_۲=٪۵\ ,\ F_۳=٪۱۵$$

روش اول:

$$\bar{M}_B=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{F_۱+F_۲+F_۳}\Rightarrow۷۹/۵=\frac{(۷۹\times۸۰)+(۸۰\times۵)+(Y\times۱۵)}{۱۰۰}\Rightarrow Y=۸۲\,amu$$

روش دوم:

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)+\frac{F_۳}{۱۰۰}(M_۳-M_۱)\Rightarrow۷۹/۵=۷۹+\frac{۵}{۱۰۰}(۸۰-۷۹)+\frac{۱۵}{۱۰۰}(Y-۷۹)\Rightarrow Y=۸۲\,amu$$

سنگین‌ترین و سبک‌ترین مولکول $AB_۳$:

سبک‌ترین: $۱۴+۳(۷۹)=۲۵۱\,amu$

سنگین‌ترین: $۱۶+۳(۸۲)=۲۶۲\,amu$

$\Rightarrow$ اختلاف جرم سبک‌ترین و سنگین‌ترین $=۲۶۲-۲۵۱=۱۱\,amu$

۵ ۲ ابتدا تعداد مول‌های کل اتم‌های موجود در مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,atom(Fe,Ag)=۲۴/۰۸\times۱۰^{۲۲}\,atom(Fe,Ag)\times\frac{۱\,mol\,atom(Fe,Ag)}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom(Fe,Ag)}=۰/۴\,mol\,atom$$

مول آهن را x و مول نقره را y در نظر می‌گیریم، پس $۵۶x$ گرم آهن و $۱۰۸y$ گرم نقره داریم، آن‌گاه:

$$\begin{cases}x+y=۰/۴\\ ۵۶x+۱۰۸y=۳۸\end{cases}\Rightarrow x=۰/۱,\ y=۰/۳$$

پس درصد مولی آهن برابر است با:

$$\text{درصد مولی آهن}=\frac{۰/۱}{۰/۱+۰/۳}\times۱۰۰=٪۲۵$$

۶ ۴ ابتدا مول اتم‌های موجود در ظرف را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,atom=۴/۸۱۶\times۱۰^{۲۳}\,atom\times\frac{۱\,mol\,atom}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,atom}=۰/۸\,mol\,atom$$

مول $O_۲$ را x و مول He را y در نظر می‌گیریم که شامل $۲x$ اتم اکسیژن و y اتم هلیم است، پس داریم:

$$\begin{cases}۲x+y=۰/۸\\ ۳۲x+۴y=۹/۲\end{cases}\Rightarrow x=۰/۲۵,\ y=۰/۳$$

سپس مول‌های $N_۲O_۴$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,N_۲O_۴=۱۸/۴\,g\,N_۲O_۴\times\frac{۱\,mol\,N_۲O_۴}{۹۲\,g\,N_۲O_۴}=۰/۲\,mol\,N_۲O_۴$$

پس داریم:

$$\frac{\text{مول هلیم در مخلوط}}{\text{مول }N_۲O_۴}=\frac{۰/۳}{۰/۲}=۱/۵$$

۷ ۴ با توجه به اینکه در مدت شش ساعت، ۲۲۴ گرم رادیوایزوتوپ فروپاشیده شده، می‌توانیم مدت زمان نیمه‌عمر (T) را برای رادیوایزوتوپ محاسبه کنیم:

$$m=m_{\circ}(\frac{۱}{۲})^{n} \xrightarrow{m=m_{\circ}-m_{\text{متلاشی}}} ۲۵۶-۲۲۴=۲۵۶(\frac{۱}{۲})^{n}\Rightarrow ۳۲=۲۵۶(\frac{۱}{۲})^{n}\Rightarrow n=۳,\quad n=\frac{\Delta t}{T}\Rightarrow T=\frac{\Delta t}{n}=\frac{۶h}{۳}=۲h$$

اگر نسبت جرم رادیوایزوتوپ متلاشی شده به جرم رادیوایزوتوپ باقی‌مانده ۵۱۱ باشد، خواهیم داشت:

$$m=m_{\circ}(\frac{۱}{۲})^{n} \xrightarrow{m_{\circ}=m+m_{\text{متلاشی}}} \frac{m+m_{\text{متلاشی}}}{m}=۲^{n}\Rightarrow ۱+\frac{m_{\text{متلاشی}}}{m}=۲^{n}\Rightarrow ۱+۵۱۱=۲^{n}\Rightarrow n=۹$$

اکنون مدت زمانی که نسبت جرم رادیوایزوتوپ متلاشی شده به جرم رادیوایزوتوپ باقی‌مانده برابر ۵۱۱ می‌شود را محاسبه می‌کنیم و یک ساعت اولیه را از آن کم می‌کنیم:

$$n=\frac{\Delta T}{T}\Rightarrow ۹=\frac{\Delta t}{۲h}\Rightarrow \Delta t=۱۸h\Rightarrow \text{مدت زمان لازم برای ۷ نیمه‌عمر پس از یک ساعت}=۱۸-۶=۱۲h$$

۸ ۱ جرم اتمی میانگین نمونهٔ طبیعی Ne را محاسبه می‌کنیم: **روش اول:**

$$\overline{M}=\frac{M_{۱}F_{۱}+M_{۲}F_{۲}+M_{۳}F_{۳}}{F_{۱}+F_{۲}+F_{۳}}=\frac{(۲۰\times ۹۰)+(۲۱\times ۱)+(۲۲\times ۹)}{۱۰۰}=۲۰/۱۹amu$$

روش دوم:

$$\overline{M}=M_{۱}+\frac{F_{۲}}{۱۰۰}(M_{۲}-M_{۱})+\frac{F_{۳}}{۱۰۰}(M_{۳}-M_{۱})=۲۰+\frac{۱}{۱۰۰}(۲۱-۲۰)+\frac{۹}{۱۰۰}(۲۲-۲۰)=۲۰/۱۹\,amu$$

جرم ^{۲۴}Ne را x در نظر می‌گیریم و مجموع مول‌های این ایزوتوپ‌ها را می‌نویسیم:

$$\text{مول کل}=\text{مول نمونهٔ ساختگی}+\text{مول نمونهٔ طبیعی}\Rightarrow \frac{۶/۷۳}{۲۰/۱۹}+\frac{x}{۲۴}=\frac{۶/۷۳+x}{۲۲/۷۳}\Rightarrow \frac{۱}{۳}+\frac{x}{۲۴}=\frac{۶/۷۳+x}{۲۲/۷۳}\Rightarrow \frac{۸+x}{۲۴}=\frac{۶/۷۳+x}{۲۲/۷۳}$$

$$\Rightarrow ۲۲/۷۳x+۱۸۱/۸۴=۱۶۱/۵۲+۲۴x\Rightarrow ۱/۲۷x=۲۰/۳۲\Rightarrow x=۱۶$$

۹ ۴ ابتدا مول هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,H=۲g\,H\times\frac{۱\,mol\,H}{۱\,g\,H}=۲mol\,H$$

مول متان را x و مول آمونیاک را y در نظر می‌گیریم، در نتیجه ۱۶x گرم متان و ۱۷x گرم آمونیاک داریم که به‌ترتیب ۴x مول و ۳y مول هیدروژن دارند، پس:

$$\begin{cases}۴x+۳y=۲\\ ۱۶x+۱۷y=۱۰\end{cases}\Rightarrow x=۰/۲,\ y=۰/۴$$

تعداد اتم‌های N برابر است با: **روش اول:**

$$?\,atom\,N=۰/۴mol\,NH_{۳}\times\frac{۱\,mol\,N}{۱\,mol\,NH_{۳}}\times\frac{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}\,atom\,N}{۱\,mol\,N}=۲/۴۰۸\times ۱۰^{۲۳}\,atom\,N$$

روش دوم:

$$\frac{\text{مول}}{۱}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_{A}}\Rightarrow\frac{۰/۴}{۱}=\frac{x}{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}}\Rightarrow x=۲/۴۰۸\times ۱۰^{۲۳}\,atom\,N$$

درصد مولی گاز سبک‌تر یعنی متان برابر است با:

$$\text{درصد مولی متان}=\frac{\text{مول متان}}{\text{مول کل}}\times ۱۰۰=\frac{۰/۲}{۰/۲+۰/۴}\times ۱۰۰=٪۳۳/۳$$

۱۰ ۴ برای دو گونهٔ $^{A_{۱}}_{Z_{۱}}X^{+}$ و $^{۱۲۷}_{Z_{۲}}Y^{۲-}$ تعداد الکترون‌ها برابر است؛ پس:

$$\begin{cases}e_{X}=Z_{۱}-۱\\ e_{Y}=Z_{۲}+۲\end{cases}\Rightarrow Z_{۱}-۱=Z_{۲}+۲\Rightarrow Z_{۱}=Z_{۲}+۳$$

تعداد نوترون‌های X ، دو واحد بیشتر از تعداد نوترون‌های Y است:

$$\begin{cases}n_{X}=A_{۱}-Z_{۱}\\ n_{Y}=۱۲۷-Z_{۲}\end{cases}\Rightarrow A_{۱}-Z_{۱}=۱۲۷-Z_{۲}+۲$$

$$A_{۱}-Z_{۱}=۱۲۹-Z_{۲}\xrightarrow{Z_{۱}=Z_{۲}+۳} A_{۱}-Z_{۲}-۳=۱۲۹-Z_{۲}\Rightarrow A_{۱}=۱۳۲$$

پاسخ تشریحی — آزمون‌های جامع فصل دوم

فصل دوم: آزمون کنکور

۱ ۲

$$\theta = ah + \theta \Rightarrow -۴۸ = -۶(۱۰) + \theta_{\circ} \Rightarrow \theta_{\circ} = ۱۲^{\circ}C$$

$$\frac{|\Delta\theta|}{\theta_{\circ}} = \frac{۴۸-(-۱۲)}{۱۲} = \frac{۶۰}{۱۲} = ۵$$

۲ ۴ در دما و فشار ثابت، حجم یک نمونهٔ گازی به شمار مول‌های گاز وابسته است؛ در این سؤال با توجه به اینکه حجم بالون ثابت است، پس شمار مول‌های گاز CO خروجی و گاز آرگون ورودی با هم برابر است؛ بنابراین با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$\begin{cases} ٪Ar = \frac{\text{جرم Ar}}{\text{جرم کل}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۳۰ = \frac{x\ g\ Ar}{۶۲۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow x = ۱۸۶g \\ \text{جرم آرگون ورودی} = ۱۸۶g\ Ar \end{cases} \Rightarrow \text{مول Ar} = \frac{\text{جرم Ar}}{\text{جرم مولی}} = \frac{۱۸۶}{۴۰} = ۴/۶۵mol$$

در نتیجه، شمار مول‌های گاز CO خروجی نیز برابر ۴/۶۵mol است. پس خواهیم داشت: $\text{جرم گاز CO خروجی} = ۴/۶۵mol\ CO \times \frac{۲۸g\ CO}{۱mol} = ۱۳۰/۲g\ CO$

اکنون می‌توان جرم اولیهٔ گاز CO را محاسبه کرد: $\text{جرم مخلوط اولیه} = \text{جرم CO باقی‌مانده} + \text{جرم CO خارج شده} + ۱۳۰/۲ = ۵۶۴/۲g$

۳ ۱ در دما و فشار ثابت، برای یک نمونهٔ گازی، مقدار $\frac{V}{n}$ ثابت است؛ بنابراین:

(۱) نمونهٔ $\Rightarrow$ ذره $۵ = ۰/۵mol\ CO = ۱۴g\ CO = (V)\ L$

(۲) نمونهٔ $\Rightarrow$ ذره $۵ = ۰/۵mol\ Ne = ۱۰g\ Ne = (V)\ L$

(۳) نمونهٔ $\Rightarrow$ ذره $۱۰ = ۱\ mol\ CO_۲ = ۴۴g\ CO_۲ = (۲V)\ L$

(۴) نمونهٔ $\Rightarrow$ ذره $۱۰ = ۱\ mol\ N_۲ = ۲۸g\ N_۲ = (۲V)\ L$

(۵) نمونهٔ $\Rightarrow$ ذره $۲۰ = ۲mol\ He = ۸g\ He = (۴V)\ L$

بررسی گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): نسبت شمار اتم‌ها در مولکول دواتمی $N_۲$ (نمونهٔ ۴) به شمار مولکول‌های CO (نمونهٔ ۱) برابر است با:

$$\frac{\text{شمار اتم‌های نمونهٔ (۴)}}{\text{شمار مولکول‌های نمونهٔ (۱)}} = \frac{۱mol\ N_۲ \times ۲ \times N_A}{۰/۵mol\ CO \times N_A} = ۴$$

گزینهٔ (۲): مطابق محاسبات بالا حجم گاز نمونهٔ ۴، برابر ۲V و حجم گاز نمونهٔ (۱)، برابر V است؛ اما دقت کنید حجم مولی گازها فقط در شرایط STP (دمای ۲۷۳ کلوین و فشار ۱ اتمسفر) برابر ۲۲/۴ لیتر است. گزینهٔ (۳): $\frac{\text{مجموع جرم گاز در نمونه‌های (۱) و (۳)}}{\text{جرم گاز در نمونهٔ (۲)}} = \frac{۱۴+۴۴}{۱۰} = \frac{۵۸}{۱۰} = ۵/۸$

گزینهٔ (۴): $\frac{\text{حجم گاز نمونهٔ (۵)}}{\text{حجم گاز نمونهٔ (۱)}} = \frac{۴V}{V} = ۴$ ، $\frac{\text{جرم گاز نمونهٔ (۵)}}{\text{جرم گاز نمونهٔ (۲)}} = \frac{۸}{۱۰}$

۴ ۱ قسمت اول:

$$?\ mol\ atom\ (\text{در آب}) = ۱/۸g\ H_۲O \times \frac{۱mol\ H_۲O}{۱۸g\ H_۲O} \times \frac{۳mol\ atom}{۱mol\ H_۲O} \times \frac{N_A\ atom}{۱mol\ atom} = ۰/۳N_A$$

$$?\ g\ CO = ۰/۳N_A\ CO \times \frac{۱mol\ CO}{N_A\ CO} \times \frac{۲۸g}{۱mol\ CO} = ۸/۴g\ CO$$

قسمت دوم:

$$?\ L\ CO = ۰/۳N_A\ CO \times \frac{۱mol\ CO}{N_A\ CO} \times \frac{۲۲/۴L\ CO}{۱mol\ CO} = ۶/۷۲L\ CO$$

۵ ۱ همهٔ واکنش‌های شیمیایی از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند؛ از این‌رو، جرم مواد شرکت‌کننده در یک واکنش شیمیایی، ثابت است؛ در این واکنش نیز اگر درب ظرف بسته باشد (گاز تولیدی خارج نشود)، جرم محتویات درون ظرف ثابت باقی می‌ماند. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری $O_۲$، ۱/۵ برابر ضریب استوکیومتری $KClO_۳$ است، می‌توان دریافت که شمار مول‌های گاز $O_۲$ تولیدی، ۱/۵ برابر شمار مول‌های $KClO_۳$ مصرفی است. (حواستان باشد که نسبت ضریب‌های استوکیومتری در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش برابر با نسبت مولی مواد است نه نسبت جرمی آن‌ها!) گزینهٔ (۳): همان‌طور که گفتیم همهٔ واکنش‌های شیمیایی از قانون پایستگی جرم پیروی می‌کنند و جرم مواد شرکت‌کننده در آن‌ها ثابت است. گزینهٔ (۴): در طول انجام واکنش، تغییر مول گاز اکسیژن نسبت به تغییر مول واکنش‌دهنده، به دلیل داشتن ضریب استوکیومتری بزرگ‌تر در معادله بیشتر است. در مورد تغییر جرم آن‌ها این‌گونه نیست!

۶ ۴ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به شکل روبه‌رو است: $C_۶H_{۱۲}O_۶(aq) + ۶O_۲(g) \rightarrow ۶CO_۲(g) + ۶H_۲O(l)$

ابتدا مقدار $CO_۲$ تولیدی توسط این فرد در یک شبانه‌روز را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ g\ CO_۲ = ۴۵۰C_۶H_{۱۲}O_۶ \times \frac{۱mol\ C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱۸۰g\ C_۶H_{۱۲}O_۶} \times \frac{۶mol\ CO_۲}{۱mol\ C_۶H_{۱۲}O_۶} \times \frac{۴۴g\ CO_۲}{۱mol\ CO_۲} = ۱۵ \times ۴۴g\ CO_۲$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم } C_6H_{12}O_6}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } CO_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۴۵۰}{۱ \times ۱۸۰} = \frac{x}{۶ \times ۴۴} \Rightarrow x = ۱۵ \times ۴۴ g\ CO_2$$

اکنون می‌توان شمار درخت مورد نیاز را محاسبه کرد:
$$\text{شمار درخت} = \frac{\text{جرم } CO_2 \text{ تولیدی در یک سال}}{\text{جرم } CO_2 \text{ مصرفی توسط هر درخت}} = \frac{۳۶۵ \times (۱۵ \times ۴۴) g}{۲۲ \times ۱۰^3 g} = ۱۰/۹۵$$

پس به ۱۱ درخت نیاز است.

۷ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

I) $۲C_2H_2N_2O_4(s) + O_2(g) \rightarrow ۴CO_2(g) + ۲H_2O(g) + ۲N_2(g)$ II) $۲C_7H_5N_3O_6(s) \rightarrow ۳N_2(g) + ۵H_2O(g) + ۷CO(g) + ۷C(s)$

در واکنش (I)، به ازای مصرف ۰/۷۲ مول از واکنش‌دهنده‌ها (با نسبت‌های استوکیومتری) می‌توان نوشت:
$$?\ mol\ \text{فراورده} = ۰/۷۲\ mol\ \text{واکنش‌دهنده} \times \frac{۸ mol\ \text{فراورده}}{۳ mol\ \text{واکنش‌دهنده}} = ۱/۹۲\ mol\ \text{فراورده}$$

بررسی گزینه‌های نادرست: گزینهٔ (۱): واکنش (I) از نوع سوختن است. مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌های گازی در واکنش (II) برابر با ۱۵ و مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌های واکنش (I) برابر با ۸ است. گزینهٔ (۲): واکنش (I) از نوع سوختن است. مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها در واکنش (I) برابر با ۳ و ضریب استوکیومتری فراورده‌ها به‌ترتیب برابر با ۴، ۲ و ۲ است. گزینهٔ (۴): برای واکنش (II) می‌توان نوشت:
$$?\ g\ C = ۰/۲۷\ mol\ \text{واکنش‌دهنده} \times \frac{۷ mol\ C}{۲ mol\ \text{واکنش‌دهنده}} \times \frac{۱۲ g\ C}{۱ mol\ C} = ۱۱/۳۴\ g\ C$$

۸ ۲ قسمت اول:
$$?\ mol\ Al^{3+} = ۱۷/۱\ g\ Al_2(SO_4)_3 \times \frac{۱ mol\ Al_2(SO_4)_3}{۳۴۲ g\ Al_2(SO_4)_3} \times \frac{۲ mol\ Al^{3+}}{۱ mol\ Al_2(SO_4)_3} = ۰/۱ mol\ Al^{3+}$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:
$$Al_2(SO_4)_3(aq) + ۳Ca(OH)_2(aq) \rightarrow ۲Al(OH)_3(s) + ۳CaSO_4(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\ g\ Al(OH)_3 = ۱۷/۱\ g\ Al_2(SO_4)_3 \times \frac{۱ mol\ Al_2(SO_4)_3}{۳۴۲ g\ Al_2(SO_4)_3} \times \frac{۲ mol Al(OH)_3}{۱ mol\ Al_2(SO_4)_3} \times \frac{۷۸ g\ Al(OH)_3}{۱ mol\ Al(OH)_3} = ۷/۸ g\ Al(OH)_3$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم } Al_2(SO_4)_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } Al(OH)_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۱۷/۱}{۱ \times ۳۴۲} = \frac{x}{۲ \times ۷۸} \Rightarrow x = ۷/۸ g\ Al(OH)_3$$

۹ ۴ فرمول شیمیایی سدیم نیترید به‌صورت Na_3N بوده و در هر واحد فرمولی از آن، چهار یون وجود دارد. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش این ترکیب با آب به‌صورت مقابل است:
$$Na_3N(s) + ۳H_2O(l) \rightarrow ۳NaOH(aq) + NH_3(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

قسمت اول:
$$?\ L\ NH_3 = ۳/۶۱۲ \times ۱۰^{۲۴}\ ion \times \frac{۱ mol\ ion}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ ion} \times \frac{۱ mol\ Na_3N}{۴ mol\ ion} \times \frac{۱ mol\ NH_3}{۱ mol\ Na_3N} \times \frac{۲۲/۴ L\ NH_3}{۱ mol\ NH_3} = ۳۳/۶ L\ NH_3$$

قسمت دوم:
$$?\ g\ NaOH = ۳/۶۱۲ \times ۱۰^{۲۴}\ ion \times \frac{۱ mol\ ion}{۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}\ ion} \times \frac{۱ mol\ Na_3N}{۴ mol\ ion} \times \frac{۳ mol\ NaOH}{۱ mol\ Na_3N} \times \frac{۴۰ g\ NaOH}{۱ mol\ NaOH} = ۱۸۰ g\ NaOH$$

روش دوم (تناسب): محاسبهٔ مقدار مول Na_3N از شمار یون‌ها:
$$\frac{\text{شمار یون‌ها در ترکیب } Na_3N}{\text{تعداد یون‌ها در فرمول} \times N_A} = \frac{\text{مول } Na_3N}{۱} \Rightarrow \frac{۳/۶۱۲ \times ۱۰^{۲۴}}{۴ \times ۶/۰۲ \times ۱۰^{۲۳}} = \frac{x}{۱} \Rightarrow x = ۱/۵ mol\ Na_3N$$

محاسبهٔ حجم NH_3 و جرم NaOH تولیدی:
$$\frac{\text{مول } Na_3N \text{ مصرفی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } NH_3 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب} \times ۲۲/۴} = \frac{\text{جرم NaOH تولیدی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۱/۵}{۱} = \frac{V\ L\ NH_3}{۱ \times ۲۲/۴} = \frac{y\ g\ NaOH}{۳ \times ۴۰} \Rightarrow V = ۳۳/۶ L\ NH_3,\ y = ۱۸۰ g\ NaOH$$

۱۰ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن این ترکیب به شکل مقابل است:
$$C_4H_nO_2(l) + (۳ + \frac{n}{۴})O_2(g) \rightarrow ۴CO_2(g) + \frac{n}{۲}H_2O(g)$$

با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان n را به‌دست آورد.

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\ g\ O_2 = ۰/۳ mol\ C_4H_nO_2 \times \frac{(۳ + \frac{n}{۴}) mol\ O_2}{۱ mol\ C_4H_nO_2} \times \frac{۳۲ g\ O_2}{۱ mol\ O_2} = ۴۸ g \Rightarrow n = ۸$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{مول } C_4H_nO_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } O_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۰/۳}{۱} = \frac{۴۸}{(۳ + \frac{n}{۴}) \times ۳۲} \Rightarrow n = ۸$$

در نتیجه در فرمول این ترکیب، ۸ اتم هیدروژن وجود دارد.

۱۱ | ۲ محاسبهٔ جرم مولی عنصر X : معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش عنصرهای A و X به‌صورت مقابل است:

$$A+X\rightarrow AX$$

جرم مولی عنصر X را m گرم بر مول در نظر می‌گیریم و آن را محاسبه می‌کنیم:

$$۱۶g\,A\times\frac{۱mol\,A}{۱۲۸g\,A}\times\frac{۱mol\,X}{۱mol\,A}\times\frac{m\,g\,X}{۱mol\,X}=۷g\,X\Rightarrow m=۵۶g.mol^{-۱}$$

محاسبهٔ جرم مولی عنصر Z : معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش عنصرهای Z و X به‌صورت مقابل است:

$$X+۳Z\rightarrow XZ_۳$$

جرم مولی عنصر Z را n گرم بر مول در نظر می‌گیریم و آن را به‌دست می‌آوریم:

$$۲/۸g\,X\times\frac{۱mol\,X}{۵۶g\,X}\times\frac{۳\,mol\,Z}{۱mol\,X}\times\frac{n\,g\,Z}{۱mol\,Z}=۱۲g\,Z\Rightarrow n=۸۰g.mol^{-۱}$$

اکنون نسبت جرم مولی عنصر X به عنصر Z و جرم مولی $XZ_۳$ را محاسبه می‌کنیم:

$$XZ_۳\text{ جرم مولی}=۵۶+۳(۸۰)=۲۹۶g.mol^{-۱}$$

$$\frac{\text{جرم مولی X}}{\text{جرم مولی Z}}=\frac{۵۶}{۸۰}=۰/۷$$

۱۲ | ۲ براساس قانون پایستگی جرم، در یک واکنش شیمیایی مجموع جرم مواد واکنش‌دهنده با مجموع جرم مواد فراورده برابر است؛ بنابراین:

$$AX_۲\text{ جرم}=AX\text{ جرم}+X_۲\text{ جرم}\Rightarrow ۱/۱۲=۰/۷۲+X_۲\text{ جرم}\Rightarrow X_۲\text{ جرم}=۰/۴g$$

برای حل تست، جرم مولی فلز A و هالوژن X را به‌ترتیب a و X گرم بر مول در نظر می‌گیریم.

روش اول (کسر تبدیل):

$$۷۱/۲۵mL\,X_۲\times\frac{۱L\,X_۲}{۱۰۰۰mL\,X_۲}\times\frac{۱mol\,X_۲}{۲۸/۵L\,X_۲}\times\frac{۲xg\,X_۲}{۱mol\,X_۲}=۰/۴g\,X_۲\Rightarrow x=۸۰g.mol^{-۱}$$

$$۷۱/۲۵mL\,X_۲\times\frac{۱L\,X_۲}{۱۰۰۰mL\,X_۲}\times\frac{۱mol\,X_۲}{۲۸/۵L\,X_۲}\times\frac{۲mol\,AX}{۱mol\,X_۲}\times\frac{(a+۸۰)g\,AX}{۱mol\,AX}=۰/۷۲g\,AX\Rightarrow a=۶۴g.mol^{-۱}$$

$$\text{نسبت خواسته شده}=\frac{x}{a}=\frac{۸۰}{۶۴}=۱/۲۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }X_۲}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم }X_۲}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{۰/۴}{۲x}=\frac{۷۱/۲۵}{۲۸۵۰۰}\Rightarrow x=۸۰g.mol^{-۱}$$

$$\frac{\text{حجم }X_۲}{\text{حجم مولی}}=\frac{\text{جرم AX}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۷۱/۲۵}{۲۸۵۰۰}=\frac{۰/۷۲}{۲\times(a+۸۰)}\Rightarrow a=۶۴g.mol^{-۱}$$

$$\text{نسبت خواسته شده}=\frac{x}{a}=\frac{۸۰}{۶۴}=۱/۲۵$$

۱۳ | ۲ معادلهٔ واکنش‌ها به‌صورت روبه‌رو است:

$$SO_۲Cl_۲(g)\rightarrow SO_۲(g)+Cl_۲(g),\quad ۲CO(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲CO_۲(g)$$

در واکنش اول، از تجزیهٔ کامل ۰/۵ مول واکنش‌دهنده $(SO_۲Cl_۲)$، ۰/۵ مول از هر کدام از فراورده‌ها ($SO_۲$ و $Cl_۲$) تولید می‌شود و مقدار $SO_۲Cl_۲$ به صفر می‌رسد. در واکنش دوم، پس از پیشرفت ۵۰ درصدی واکنش، ۰/۴ مول $CO_۲$ تولید می‌شود و در کل ۰/۶ مول واکنش‌دهنده باقی می‌ماند:

$$۲CO(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲CO_۲(g)$$

مول آغازی	۰/۸	۰/۴	۰
مول ثانویه	۰/۴	۰/۲	۰/۴

حال می‌توانیم درصد مولی $SO_۲$ را در مخلوط نهایی محاسبه کنیم:

$$\text{درصد مولی }SO_۲=\frac{\text{مول }SO_۲}{\text{کل مول‌های گازی درون ظرف}}\times۱۰۰=\frac{۰/۵mol\,SO_۲}{\underbrace{۰/۵mol\,SO_۲+۰/۵mol\,Cl_۲}_{\text{واکنش اول}}+\underbrace{۰/۴mol\,CO+۰/۲mol\,O_۲+۰/۴mol\,CO_۲}_{\text{واکنش دوم}}}\times۱۰۰$$

$$=\frac{۰/۵mol}{۲mol}\times۱۰۰=٪۲۵$$

۱۴ | ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل متان به‌صورت مقابل است:

$$CH_۴(g)+۲O_۲(g)\rightarrow CO_۲(g)+۲H_۲O(l)$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شده، به ازای هر ۸۰g مخلوط واکنش‌دهنده (۱۶ گرم متان و ۶۴ گرم اکسیژن)، تفاوت در مقدار مول مصرفی متان و اکسیژن، یک واحد است، در نتیجه اختلاف حجم واکنش‌دهنده‌ها ~ مخلوط واکنش‌دهنده ۸۰g

در شرایط STP اختلاف حجم گازهای مصرفی برابر ۲۲/۴L می‌باشد: ۲۲/۴L

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{اختلاف حجم ?}=۶۰g\text{ مخلوط واکنش‌دهنده‌ها}\times\frac{\text{اختلاف حجم }۲۲/۴L}{۸۰g\text{ مخلوط واکنش‌دهنده‌ها}}=۱۶/۸L$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مخلوط واکنش‌دهنده‌ها}}{۸۰}=\frac{\text{اختلاف حجم واکنش‌دهنده‌ها}}{۲۲/۴}\Rightarrow\frac{۶۰}{۸۰}=\frac{x\,L}{۲۲/۴}\Rightarrow x=۱۶/۸L$$

۱۵ ۲ واکنش سوختن گازهای متان و هیدروژن به صورت روبه‌رو است:

۱) $CH_4(g)+2O_2 \rightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)$

۲) $2H_2(g)+O_2(g) \rightarrow 2H_2O(l)$

ابتدا از جرم CO_2 تولیدی، جرم گاز CH_4 و همچنین جرم آب تولید شده در واکنش اول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CH_4 = 17/6\,g\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2} \times \frac{1\,mol\,CH_4}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4} = 6/4\,g\,CH_4$$

$$?\,g\,H_2O\,(\text{واکنش اول}) = 17/6\,g\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2} \times \frac{2\,mol\,H_2O}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 14/4\,g\,H_2O$$

بنابراین جرم H_2O تولید شده در واکنش (۲) برابر $32/4\,g$ $(46/8-14/4)$ است. اکنون جرم H_2 مصرف شده در واکنش اول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,H_2 = 32/4\,g\,H_2O \times \frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O} \times \frac{2\,mol\,H_2}{2\,mol\,H_2O} \times \frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2} = 3/6\,g\,H_2$$

در ادامه جرم هیدروژن موجود در گاز متان (CH_4) را نیز محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,H\,\text{متان} = 6/4\,g\,CH_4 \times \frac{4\,g\,H}{16\,g\,CH_4} = 1/6\,g\,H$$

بنابراین در مجموع $5/2\,g$ $(3/6+1/6)$ هیدروژن در مخلوط اولیه وجود داشته و درصد جرمی آن در مخلوط اولیه برابر ٪۵۲ است:

$$\%H = \frac{\text{جرم هیدروژن}}{\text{جرم مخلوط}} \times 100 = \frac{5/2\,g}{6/4+3/6\,g} \times 100 = \%52$$

۱۶ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$MF_n + nKOH \rightarrow M(OH)_n + nKF$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,M(OH)_n = 3/6\,g\,MF_n \times \frac{1\,mol\,MF_n}{(M+19n)\,g\,MF_n} \times \frac{1\,mol\,M(OH)_n}{1\,mol\,MF_n} \times \frac{(M+17n)\,g\,M(OH)_n}{1\,mol\,M(OH)_n} = 3/44\,g\,M(OH)_n$$

$$\Rightarrow 3/6(M+17n) = 3/44(M+19n) \Rightarrow 0/16M = 4/16n \Rightarrow \frac{n}{M} = \frac{1}{26}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } MF_n}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } M(OH)_n}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{3/6}{(M+19n)\times 1} = \frac{3/44}{(M+17n)\times 1} \Rightarrow \frac{n}{M} = \frac{1}{26}$$

۱۷ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت زیر است. (زیر گونه‌های گاز دو واکنش خط کشیده شده است.)

I) $(NH_4)_2Cr_2O_7(s) \xrightarrow{\Delta} \underline{N_2(g)} + Cr_2O_3(s) + \underline{4H_2O(g)}$

II) $2NaHCO_3(s) \xrightarrow{\Delta} Na_2CO_3(s) + \underline{CO_2(g)} + \underline{H_2O(g)}$

ابتدا جرم گازهای حاصل از واکنش (II) را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,\text{گاز}\,(CO_2, H_2O) = 25/2\,g\,NaHCO_3 \times \frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3} \times \frac{(1\times 44)+(1\times 18)\,g\,\text{گاز}}{2\,mol\,NaHCO_3} = 9/3\,g\,\text{گاز}$$

سپس محاسبه می‌کنیم که $9/3\,g$ گاز از تجزیهٔ چند گرم $(NH_4)_2Cr_2O_7$ تولید می‌شود:

$$?\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7 = 9/3\,g\,(N_2, H_2O)\,\text{گاز} \times \frac{1\,mol\,(NH_4)_2Cr_2O_7}{(1\times 28)+(4\times 18)\,g\,\text{گاز}} \times \frac{252\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7}{1\,mol\,(NH_4)_2Cr_2O_7} \simeq 23/4\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7$$

۱۸ ۴ معادلهٔ واکنش‌های مطرح شده در تست به‌صورت زیر است:

(۱) مرحلهٔ ۱: $N_2(g)+O_2(g) \rightarrow 2NO(g)$

(۲) مرحلهٔ ۲: $2NO(g)+O_2(g) \rightarrow 2NO_2(g)$

در واکنش مرحلهٔ (۱)، به ازای مصرف $28\,g$ گاز نیتروژن و $32\,g$ گاز اکسیژن، $60\,g$ (2×30) گاز NO تولید می‌شود؛ بنابراین می‌توان گفت به ازای هر $4\,g$ $(32-28)$ اختلاف جرم واکنش‌دهنده‌ها، $60\,g$ فراورده یعنی NO تولید می‌شود.

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NO = 0/125\,g\,\text{اختلاف جرم} \times \frac{60\,g\,NO}{4\,g\,\text{اختلاف جرم}} = 1/875\,g\,NO$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{اختلاف جرم واکنش‌دهنده‌ها}}{4} = \frac{\text{جرم NO تولید}}{60} \Rightarrow \frac{0/125}{4} = \frac{\text{جرم NO تولید}}{60} \Rightarrow \text{جرم NO} = 1/875\,g$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,NO_2 = 1/875\,g\,NO \times \frac{1\,mol\,NO}{30\,g\,NO} \times \frac{2\,mol\,NO_2}{2\,mol\,NO} \times \frac{22/4\,L\,NO_2}{1\,mol\,NO_2} = 1/4\,L\,NO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم NO}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم } NO_2}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{1/875}{2\times 30} = \frac{x\,L\,NO_2}{2\times 22/4} \Rightarrow x = 1/4\,L\,NO_2$$

۱۹ **۳** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده به‌صورت زیر است:

$$I)\ 2Al(s)+3H_2SO_4(aq)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+3H_2(g) \qquad II)\ H_2(g)+Cl_2(g)\rightarrow 2HCl(g)$$

با توجه به اینکه H_2 تولیدی در واکنش (I)، در واکنش (II) مصرف می‌شود، می‌توان با یکسان کردن ضریب H_2 در دو واکنش، روابط استوکیومتری را به‌طور مستقیم میان Al و Cl_2 نوشت؛ برای این منظور همهٔ ضرایب معادلهٔ واکنش (II) را در ۳ ضرب می‌کنیم؛ پس خواهیم داشت: $2Al\sim 3Cl_2$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Al=8/96\,L\,Cl_2\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{22/4\,L\,Cl_2}\times\frac{2\,mol\,Al}{3\,mol\,Cl_2}\times\frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al}=7/2\,g\,Al$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{حجم } Cl_2}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}=\frac{\text{جرم Al}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{8/96}{3\times22/4}=\frac{x}{2\times27}\Rightarrow x=7/2\,g\,Al$$

۲۰ **۳** شمار مول‌های کربن و PbO مصرف شده در واکنش‌ها را به‌ترتیب برابر با x و y مول در نظر می‌گیریم.

$$I)\ H_2O(g)+C(s)\rightarrow CO(g)+H_2(g) \qquad II)\ 2PbO(s)+PbS(s)\rightarrow 3Pb(s)+SO_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم کربن و PbO مصرف شده در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم.

$$\begin{cases}?\,g\,C=x\,mol\,C\times\frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C}=12x\,g\,C\\ ?\,g\,PbO=y\,mol\,PbO\times\frac{223\,g\,PbO}{1\,mol\,PbO}=223y\,g\,PbO\end{cases}\Rightarrow\boxed{12x+223y=2/71}\quad(1)$$

سپس جرم گازهای H_2 و SO_2 تولید شده در واکنش‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,SO_2=y\,mol\,PbO\times\frac{1\,mol\,SO_2}{2\,mol\,PbO}\times\frac{64\,g\,SO_2}{1\,mol\,SO_2}=32y\,g\,SO_2$$

$$?\,g\,H_2=x\,mol\,C\times\frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,C}\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=2x\,g\,H_2$$

با توجه به اطلاعات سؤال، جرم SO_2 تولید شده، ۴ برابر جرم H_2 تولیدی است.

$$\frac{32y}{2x}=4\Rightarrow\boxed{x=4y}\quad(2)$$

با توجه به معادلات (۱) و (۲) داریم:

$$12(4y)+223y=2/71\Rightarrow271y=2/71\Rightarrow y=0/01\,mol\,(\text{مول PbO})$$

روش دوم (کسر تناسب): ابتدا جرم کربن و PbO مصرف شده در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases}\text{مول C}=\frac{\text{جرم C}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow x=\frac{\text{جرم C}}{12}\Rightarrow\text{جرم C}=12x\,g\\ \text{مول PbO}=\frac{\text{جرم PbO}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow y=\frac{\text{جرم PbO}}{223}\Rightarrow\text{جرم PbO}=223y\,g\end{cases}\Rightarrow\boxed{12x+223y=2/71}\quad(1)$$

اکنون جرم گازهای H_2 و SO_2 تولیدی در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول C}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }H_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{1}=\frac{\text{جرم }H_2}{1\times2}\Rightarrow\text{جرم }H_2=2x\,g$$

$$\frac{\text{مول PbO}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }SO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{y}{2}=\frac{\text{جرم }SO_2}{1\times64}\Rightarrow\text{جرم}\,SO_2=32y\,g$$

با توجه به اطلاعات سؤال، جرم SO_2 تولیدی، ۴ برابر جرم H_2 تولیدی است:

$$\frac{32y}{2x}=4\Rightarrow\boxed{x=4y}\quad(2)$$

با توجه به معادلات (۱) و (۲) داریم:

$$12(4y)+223y=2/71\Rightarrow271y=2/71\Rightarrow y=0/01\,mol\,(\text{مول PbO})$$

فصل دوم: آزمون جامع ۱

۱ **۱** در لایهٔ تروپوسفر با افزایش ارتفاع به اندازهٔ یک کیلومتر، دما به اندازهٔ $6^\circ C$ کاهش می‌یابد.

$$\Delta\theta=-6h\Rightarrow\theta_2-14=-6\times2\Rightarrow\theta_2=2^\circ C$$

دما در این ارتفاع در مقیاس کلوین برابر است با:

$$T_2(K)=\theta_2(^\circ C)+273=2+273=275K$$

$$T_3=T_2-0/2T_2=275-0/2(275)=220K\Rightarrow\Delta T=-6h\Rightarrow T_3-T_2=-6h\Rightarrow220-275=-6h\Rightarrow h\simeq9/167km$$

بنابراین بالن پس از تقریباً ۹۱۶۷ متر صعود از ارتفاع ۲ کیلومتری، دما را با ۲۰٪ کاهش در مقیاس کلوین گزارش می‌کند.

۲ **۴** ابتدا ارتفاع نقطه‌ای از لایهٔ تروپوسفر با دمای $272/6K$ را محاسبه می‌کنیم:

$$T_1(K)=\theta_1(^\circ C)+273=14+273=287K$$

$$\Delta T=-6h\Rightarrow T_2-T_1=-6h_2\Rightarrow272/6-287=-6h_2\Rightarrow h_2=2/4km$$

سپس ارتفاع نقطه‌ای از لایهٔ تروپوسفر با دمای $-22^\circ C$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta=-6h\Rightarrow\theta_3-\theta_1=-6h_3\Rightarrow-22-14=-6h_3\Rightarrow h_3=6km$$

اکنون اختلاف ارتفاع و اختلاف فشار گاز اکسیژن در این دو نقطه را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta h=h_3-h_2=6-2/4=3/6km$$

با توجه به جدول داده شده در صورت تست، فشار گاز اکسیژن در ارتفاع‌های ۲/۴ و ۶ کیلومتری از سطح زمین به ترتیب برابر $۱۵/۴\times۱۰^{-۲}$ و $۹/۷\times۱۰^{-۲}$ اتمسفر است، پس اختلاف فشار گاز اکسیژن در این دو ارتفاع برابر است با:

$$\begin{cases} P_۲ = ۱۵/۴\times۱۰^{-۲}\ atm \\ P_۳ = ۹/۷\times۱۰^{-۲}\ atm \end{cases} \Rightarrow |\Delta P| = |P_۳ - P_۲| = ۵/۷\times۱۰^{-۲}\ atm$$

۳ ۳ حجم مکعبی با طول اضلاع a برابر $a^۳$ و حجم مکعبی با طول اضلاع ۲a برابر $۸a^۳$ است.

$$\frac{P_۱V_۱}{n_۱T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{n_۲T_۲} \xrightarrow{\text{ثابت } P, n} \frac{V_۱}{T_۱} = \frac{V_۲}{T_۲} \Rightarrow \frac{a^۳}{-۱۷۳+۲۷۳} = \frac{۸a^۳}{T_۲} \Rightarrow T_۲ = ۸۰۰K, \quad \Delta\theta = \Delta T = T_۲ - T_۱ = ۸۰۰ - (-۱۷۳+۲۷۳) = ۷۰۰K \text{ یا } ۷۰۰^\circ C$$

۴ ۲ تعداد مول گازها را در هریک از بادکنک‌ها محاسبه می‌کنیم:

بادکنک A: $\frac{P_۱V_۱}{n_۱T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{n_۲T_۲} \Rightarrow \frac{۱\times۲۲/۴}{۱\times۲۷۳} = \frac{۲\times۴۴/۸}{n_۲\times(۲۷۳+۲۷۳)} \Rightarrow n_۲ = ۲mol\ O_۲$

بادکنک B: $\frac{P_۱V_۱}{n_۱T_۱} = \frac{P_۳V_۳}{n_۳T_۳} \Rightarrow \frac{۱\times۲۲/۴}{۱\times۲۷۳} = \frac{۰/۵\times۳۳/۶}{n_۳\times۴۰۹/۵} \Rightarrow n_۳ = ۰/۵mol\ SO_۲$

تعداد اتم‌های اکسیژن در بادکنک A برابر است با:

$$?\,atom\,O = ۲mol\,O_۲ \times \frac{N_A\ molecule\,O_۲}{۱\,mol\,O_۲} \times \frac{۲atom\,O}{۱molecule\,O_۲} = ۴N_A\ atom\,O$$

تعداد مولکول‌های $SO_۲$ در بادکنک B برابر است با:

$$?\,molecule\,SO_۲ = ۰/۵mol\,SO_۲ \times \frac{N_A\ molecule\,SO_۲}{۱\,mol\,SO_۲} = ۰/۵N_A\ molecule\,SO_۲$$

نسبت تعداد اتم‌های موجود در بادکنک A به تعداد مولکول‌های موجود در بادکنک B برابر است با:

$$\frac{\text{تعداد اتم‌های موجود در بادکنک A}}{\text{تعداد مولکول‌های موجود در بادکنک B}} = \frac{۴N_A}{۰/۵N_A} = ۸$$

طبق رابطهٔ موجود میان چگالی دو گاز داریم:

$$\frac{P_۲M_۲}{d_۲T_۲} = \frac{P_۳M_۳}{d_۳T_۳} \Rightarrow \frac{d_{O_۲}}{d_{SO_۲}} = \frac{P_{O_۲}M_{O_۲}T_{SO_۲}}{P_{SO_۲}M_{SO_۲}T_{O_۲}} = \frac{۲\times۳۲\times۴۰۹/۵}{۰/۵\times۶۴\times(۲۷۳+۲۷۳)} = ۱/۵$$

پس چگالی گاز اکسیژن در بادکنک A بیشتر از چگالی گاز $SO_۲$ در بادکنک B است.

۵ ۳ **قسمت اول:** ابتدا با استفاده از حجم مخلوط گازی در شرایط STP، مقدار مول‌های مخلوط گازی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\ گاز = ۱۱۲L\ گاز \times \frac{۱\,mol\ گاز}{۲۲/۴L\ گاز} = ۵mol\ گاز$$

سپس مقدار مول‌های گاز متان را x و مقدار مول‌های گاز نئون را $(۵-x)$ در نظر می‌گیریم و با توجه به اینکه جرم مخلوط گازی برابر ۹۲ گرم است، x را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,CH_۴ = x\,mol\,CH_۴ \times \frac{۱۶g\,CH_۴}{۱\,mol\,CH_۴} = ۱۶x\,g\ CH_۴ \qquad ?\,g\,Ne = (۵-x)mol\,Ne \times \frac{۲۰g\,Ne}{۱\,mol\,Ne} = ۲۰(۵-x)g\,Ne$$

$$\text{جرم مخلوط گازی} = ۱۶x + ۲۰(۵-x) = ۹۲ \Rightarrow x = ۲\,mol$$

اکنون درصد مولی نئون در مخلوط گازی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد مولی } Ne = \frac{۵-x}{۵}\times۱۰۰ = \frac{۳}{۵}\times۱۰۰ = ٪۶۰$$

قسمت دوم: در اثر سوختن این مخلوط فقط متان با اکسیژن واکنش می‌دهد. معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن متان به صورت زیر است:

$$CH_۴(g) + ۲O_۲(g) \rightarrow CO_۲(g) + ۲H_۲O(l)$$

در شرایط STP فقط کربن دی‌اکسید به صورت گازی تولید می‌شود.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,CO_۲ = ۲mol\,CH_۴ \times \frac{۱\,mol\,CO_۲}{۱\,mol\,CH_۴} \times \frac{۲۲/۴L\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲} = ۴۴/۸L\,CO_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول متان}}{\text{ضریب}} = \frac{CO_۲ \text{ لیتر}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۲}{۱} = \frac{x\,L\,CO_۲}{۱\times۲۲/۴} \Rightarrow x = ۴۴/۸L\,CO_۲$$

۶ ۱ معادله‌های موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$۲Na(s) + ۲HCl(aq) \rightarrow ۲NaCl(aq) + H_۲(g) \qquad MnO_۲(s) + ۴HCl(aq) \rightarrow MnCl_۲(aq) + Cl_۲(g) + ۲H_۲O(l)$$

ابتدا با استفاده از حجم گاز کلر تولید شده، جرم $MnO_۲$ موجود در مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,MnO_۲ = ۱۱/۲L\,Cl_۲ \times \frac{۱\,mol\,Cl_۲}{۲۲/۴L\,Cl_۲} \times \frac{۱\,mol\,MnO_۲}{۱\,mol\,Cl_۲} \times \frac{۸۷g\,MnO_۲}{۱\,mol\,MnO_۲} = ۴۳/۵g\,MnO_۲$$

پس جرم سدیم در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{جرم Na موجود در مخلوط اولیه} = ۷۸ - ۴۳/۵ = ۳۴/۵g\ Na$$

اکنون جرم گاز هیدروژن آزاد شده را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,H_۲ = ۳۴/۵g\,Na \times \frac{۱\,mol\,Na}{۲۳g\,Na} \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲mol\,Na} \times \frac{۲g\,H_۲}{۱\,mol\,H_۲} = ۱/۵g\,H_۲$$

روش دوم (تناسب): جرم MnO_2 موجود در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم } MnO_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم } Cl_2}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{x\ g\ MnO_2}{1\times 87} = \frac{11/2}{1\times 22/4} \Rightarrow x = 43/5\ g\ MnO_2$$

سپس جرم Na موجود در مخلوط اولیه را به‌دست می‌آوریم: جرم Na موجود در مخلوط اولیه $= 78 - 43/5 = 34/5\ g\ Na$

در انتها، جرم گاز هیدروژن تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم } Na}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } H_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{34/5}{2\times 23} = \frac{x\ g\ H_2}{1\times 2} \Rightarrow x = 1/5\ g\ H_2$$

۷ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$Al_2(SO_4)_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + 3SO_3(g)$$

کاهش جرم مواد جامد درون ظرف واکنش ناشی از خروج گاز SO_3 است. پس کافی است جرم گاز تولیدی را محاسبه کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ g\ SO_3 = 17/1\ g\ Al_2(SO_4)_3 \times \frac{1\ mol\ Al_2(SO_4)_3}{342\ g\ Al_2(SO_4)_3} \times \frac{3\ mol\ SO_3}{1\ mol\ Al_2(SO_4)_3} \times \frac{80\ g\ SO_3}{1\ mol\ SO_3} = 12\ g\ SO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Al_2(SO_4)_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } SO_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{17/1}{1\times 342} = \frac{x}{3\times 80} \Rightarrow x = 12\ g$$

درصد کاهش جرم مواد جامد درون ظرف واکنش برابر است با:

$$\text{درصد کاهش جرم} = \frac{\text{جرم گاز خروجی}}{\text{جرم اولیه}} \times 100 = \frac{12}{17/1} \times 100 \simeq \%\ 70/2$$

۸ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$C_6H_{12}O_6(s) + 6O_2(g) \rightarrow 6CO_2(g) + 6H_2O(l) \qquad CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ L\ CH_4 = 54\ g\ C_6H_{12}O_6 \times \frac{1\ mol\ C_6H_{12}O_6}{180\ g\ C_6H_{12}O_6} \times \frac{6\ mol\ CO_2}{1\ mol\ C_6H_{12}O_6} \times \frac{1\ mol\ CH_4}{1\ mol\ CO_2} \times \frac{16\ g\ CH_4}{1\ mol\ CH_4} \times \frac{1\ L\ CH_4}{0/6\ g\ CH_4} = 48\ L\ CH_4$$

روش دوم (تناسب): باید ضرایب مادهٔ مشترک، یعنی CO_2 را در دو واکنش یکسان کرده و میان مواد داده شده و خواسته شده تناسب را برقرار کنیم. به این منظور معادلهٔ واکنش سوختن متان را در عدد ۶ ضرب می‌کنیم و خواهیم داشت: $6CH_4 \sim C_6H_{12}O_6$

$$\frac{\text{حجم } CH_4 \times \text{چگالی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } C_6H_{12}O_6}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0/6\times x\ L\ CH_4}{6\times 16} = \frac{54}{1\times 180} \Rightarrow x = 48\ L\ CH_4$$

۹ ۲ معادلهٔ کلی واکنش سوختن کامل هیدروکربن سیرشده با فرمول C_nH_{2n+2} به صورت زیر است:

$$C_nH_{2n+2} + \left(\frac{3n+1}{2}\right)O_2 \rightarrow nCO_2 + (n+1)H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا به کمک حجم گاز CO_2 و جرم H_2O تولید شده، فرمول شیمیایی هیدروکربن را تعیین می‌کنیم:

$$44/8\ L\ CO_2 \times \frac{1\ mol\ CO_2}{22/4\ L\ CO_2} \times \frac{(n+1)\ mol\ H_2O}{n\ mol\ CO_2} \times \frac{18\ g\ H_2O}{1\ mol\ H_2O} = 43/2\ g\ H_2O \Rightarrow n = 5$$

پس هیدروکربن مورد نظر پنتان (C_5H_{12}) است. اکنون تعداد مولکول‌های اکسیژن لازم برای سوختن کامل ۱۸ گرم C_5H_{12} را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ molecule\ O_2 = 18\ g\ C_5H_{12} \times \frac{1\ mol\ C_5H_{12}}{72\ g\ C_5H_{12}} \times \frac{8\ mol\ O_2}{1\ mol\ C_5H_{12}} \times \frac{6/02\times 10^{23}\ molecule\ O_2}{1\ mol\ O_2} = 1/2048\times 10^{24}\ molecule\ O_2$$

روش دوم (تناسب): ابتدا به کمک حجم گاز CO_2 و جرم H_2O تولید شده، فرمول شیمیایی هیدروکربن را تعیین می‌کنیم:

$$\frac{\text{حجم } CO_2\ (STP)\ \text{لیتر}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } H_2O\ \text{گرم}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{44/8}{n\times 22/4} = \frac{43/2}{(n+1)\times 18} \Rightarrow n = 5 \Rightarrow \text{فرمول مولکولی هیدروکربن: } C_5H_{12}$$

سپس تعداد مولکول‌های اکسیژن لازم برای سوختن کامل ۱۸ گرم C_5H_{12} را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم } C_5H_{12}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{تعداد مولکول‌های } O_2}{\text{ضریب} \times N_A} \Rightarrow \frac{18}{1\times 72} = \frac{x}{8\times 6/02\times 10^{23}} \Rightarrow x = 1/2048\times 10^{24}\ molecule\ O_2$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{44/8}{n\times 22/4} = \frac{43/2}{(n+1)\times 18} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{2}{n} = \frac{2/4}{n+1} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{1}{n} = \frac{1/2}{n+1} \Rightarrow n+1 = 1/2n \Rightarrow 0/2n = 1 \Rightarrow n = 5$$

۱۰ ۳ اگر جرم هریک از واکنش‌دهنده‌ها (Ca و H_2O) را برابر x گرم در نظر بگیریم، با توجه به اطلاعات مسئله می‌توان دریافت که x گرم کلسیم با $(x-12)$ گرم آب واکنش داده است. پس x برابر است با: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$x\ g\ Ca = (x-12)\ g\ H_2O \times \frac{1\ mol\ H_2O}{18\ g\ H_2O} \times \frac{1\ mol\ Ca}{2\ mol\ H_2O} \times \frac{40\ g\ Ca}{1\ mol\ Ca} \Rightarrow x = 120\ g\ Ca$$

مقدار مول گاز هیدروژن تولیدی برابر است با:

$$?\ mol\ H_2 = 120\ g\ Ca \times \frac{1\ mol\ Ca}{40\ g\ Ca} \times \frac{1\ mol\ H_2}{1\ mol\ Ca} = 3\ mol\ H_2$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{جرم Ca}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول }H_2}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x}{1\times40}=\frac{x-12}{2\times18}=\frac{y}{1}\Rightarrow x=120\,g\,Ca\,,\,y=3\,mol\,H_2$$

حال مقدار گاز نیتروژن لازم برای واکنش با ۳ مول گاز هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,g\,N_2=3\,mol\,H_2\times\frac{1\,mol\,N_2}{3\,mol\,H_2}\times\frac{28\,g\,N_2}{1\,mol\,N_2}=28\,g\,N_2$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{مول }H_2}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }N_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{3}{3}=\frac{m}{1\times28}\Rightarrow m=28\,g\,N_2$$

۱۱ ۱ معادلهٔ واکنش موازنه شده: $2Al_2O_3(s)+3IF_5(s)\rightarrow4AlF_3(s)+3IF(s)+3O_2(g)$

فقط عبارت سوم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: مجموع ضریب واکنش‌دهنده‌ها برابر ۵ و مجموع ضرایب فراورده‌ها برابر ۱۰ است.

عبارت دوم:
$$?\,g\,Al_2O_3=0/4\,mol\,AlF_3\times\frac{2\,mol\,Al_2O_3}{4\,mol\,AlF_3}\times\frac{102\,g\,Al_2O_3}{1\,mol\,Al_2O_3}=20/4\,g\,Al_2O_3$$

عبارت سوم:
$$?\,L\,O_2=11/1\,g\,IF_5\times\frac{1\,mol\,IF_5}{222\,g\,IF_5}\times\frac{3\,mol\,O_2}{3\,mol\,IF_5}\times\frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}=1/12\,L\,O_2$$

عبارت چهارم: در این واکنش جرم اولیهٔ واکنش‌دهنده‌ها برابر ۲ مول Al_2O_3 $(2\times102=204\,g)$ و ۳ مول IF_5 $(3\times222=666\,g)$ است که مجموع آن‌ها برابر $204+666=870\,g$ است که با توجه به تولید ۳ مول گاز اکسیژن $(3\times32=96\,g)$، درصد کاهش جرم مواد جامد برابر است با:

$$\text{درصد کاهش جرم مواد جامد}=\frac{96}{870}\times100\simeq11\,\%$$

۱۲ ۴ جرم SO_2 و SO_3 را m گرم در نظر می‌گیریم و تعداد اتم‌های هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,atom(SO_3)=m\,g\,SO_3\times\frac{1\,mol\,SO_3}{80\,g\,SO_3}\times\frac{4\,mol\,atom}{1\,mol\,SO_3}\times\frac{N_A\,atom}{1\,mol\,atom}=\frac{m}{20}\,N_A\,atom$$

$$?\,atom(SO_2)=m\,g\,SO_2\times\frac{1\,mol\,SO_2}{64\,g\,SO_2}\times\frac{3\,mol\,atom}{1\,mol\,SO_2}\times\frac{N_A\,atom}{1\,mol\,atom}=\frac{3m}{64}\,N_A\,atom$$

روش دوم (تناسب):
$$SO_3\text{ اتم‌های}:\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times4}\Rightarrow\frac{m}{80}=\frac{x}{N_A\times4}\Rightarrow x=\frac{m}{20}\,N_A\,atom$$

$$SO_2\text{ اتم‌های}:\frac{\text{جرم ماده}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times3}\Rightarrow\frac{m}{64}=\frac{y}{N_A\times3}\Rightarrow y=\frac{3m}{64}\,N_A\,atom$$

پس داریم:
$$\frac{SO_2\text{ شمار اتم‌های}}{SO_3\text{ شمار اتم‌های}}=\frac{\frac{3m}{64}N_A}{\frac{m}{20}N_A}=\frac{60}{64}=0/9375$$

جرم اسید تولیدی را محاسبه می‌کنیم: روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,mol\,H_2SO_4=1/204\times10^{23}\,molecule\,SO_3\times\frac{1\,mol\,SO_3}{6/02\times10^{23}\,molecule\,SO_3}\times\frac{1\,mol\,H_2SO_4}{1\,mol\,SO_3}\times\frac{98\,g\,H_2SO_4}{1\,mol\,H_2SO_4}=19/6\,g\,H_2SO_4$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{SO_3\text{ تعداد ذرهٔ}}{N_A\times\text{ضریب}}=\frac{H_2SO_4\text{ جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{1/204\times10^{23}}{1\times6/02\times10^{23}}=\frac{x}{1\times98}\Rightarrow x=19/6\,g\,H_2SO_4$$

۱۳ ۲ معادلهٔ واکنش‌های موازنه شده: $2Zn(NO_3)_2\rightarrow2ZnO+O_2+4NO_2$ $\qquad4CrSO_4\rightarrow2Cr_2O_3+4SO_2+O_2$

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,g\,CrSO_4=56/7\,g\,Zn(NO_3)_2\times\frac{1\,mol\,Zn(NO_3)_2}{189\,g\,Zn(NO_3)_2}\times\frac{5\,mol\,\text{گاز}\,(NO_2,O_2)}{2\,mol\,Zn(NO_3)_2}\times\frac{5\,mol\,\text{گاز}\,(SO_2,O_2)}{5\,mol\,\text{گاز}\,(NO_2,O_2)}$$
$$\times\frac{4\,mol\,CrSO_4}{5\,mol\,\text{گاز}\,(SO_2,O_2)}\times\frac{148\,g\,CrSO_4}{1\,mol\,CrSO_4}=88/8\,g\,CrSO_4$$

$$?\,g\,ZnO=56/7\,g\,Zn(NO_3)_2\times\frac{1\,mol\,Zn(NO_3)_2}{189\,g\,Zn(NO_3)_2}\times\frac{1\,mol\,ZnO}{2\,mol\,Zn(NO_3)_2}\times\frac{81\,g\,ZnO}{1\,mol\,ZnO}=24/3\,g\,ZnO$$

$$?\,g\,Cr_2O_3=88/8\,g\,CrSO_4\times\frac{1\,mol\,CrSO_4}{148\,g\,CrSO_4}\times\frac{2\,mol\,Cr_2O_3}{4\,mol\,CrSO_4}\times\frac{152\,g\,Cr_2O_3}{1\,mol\,Cr_2O_3}=45/6\,g\,Cr_2O_3$$

روش دوم (تناسب): با توجه به این‌که مجموع ضرایب گازهای تولیدی در دو واکنش با هم برابر است، پس بین $CrSO_4$ و $Zn(NO_3)_2$ ارتباط برقرار می‌کنیم:

$$4CrSO_4\sim 2Zn(NO_3)_2\sim 2Cr_2O_3\sim 2ZnO$$

$$\frac{\text{جرم } CrSO_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } Zn(NO_3)_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } Cr_2O_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } ZnO}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{2\times148}=\frac{56/7}{2\times189}=\frac{y}{2\times152}=\frac{m}{2\times81}$$

$$\Rightarrow x=88/8\,g\,CrSO_4\,,\ y=45/6\,g\,Cr_2O_3\,,\ m=24/3\,g\,ZnO$$

پس داریم:

$$\frac{\text{جرم } Cr_2O_3}{\text{جرم } ZnO}=\frac{45/6}{24/3}=1/87$$

۱۴ ۳ واکنش‌های انجام شده به صورت مقابل است:

$$2X+3M\rightarrow X_2M_3 \qquad M+2Z\rightarrow Z_2M$$

در واکنش اول طبق قانون پایستگی جرم، جرم M مصرفی برابر $225-81=144\,g$ است، پس جرم مولی M و جرم مولی Z را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$144\,g\,M=81\,g\,X\times\frac{1\,mol\,X}{27\,g\,X}\times\frac{3\,mol\,M}{2\,mol\,X}\times\frac{M\,g\,M}{1\,mol\,M}\Rightarrow M=32\,g.mol^{-1}$$

$$175/5\,g\,Z=72\,g\,M\times\frac{1\,mol\,M}{32\,g\,M}\times\frac{2\,mol\,Z}{1\,mol\,M}\times\frac{Z\,g\,Z}{1\,mol\,Z}\Rightarrow Z=39\,g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } X}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } M}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{81}{2\times27}=\frac{144}{3\times M}\Rightarrow M=32\,g.mol^{-1}$$

$$\frac{\text{جرم } M}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } Z}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{72}{1\times32}=\frac{175/5}{2\times Z}\Rightarrow Z=39\,g.mol^{-1}$$

پس جرم مولی Z_2M برابر است با:

$$\text{جرم مولی } Z_2M=2(39)+32=110\,g.mol^{-1}$$

برای محاسبهٔ عدد اتمی Z داریم: **روش اول:**

$$\begin{cases}p+n=39\\ n-p=1\end{cases}\Rightarrow p=19$$

روش دوم:

$$Z=\frac{A-(n-p)}{2}=\frac{39-1}{2}=19$$

که عنصر $_{19}Z$ در گروه اول و دورهٔ چهارم جدول قرار دارد. $(1+4=5)$

۱۵ ۱ جرم مواد جامد تولید شده برابر است با: $400\times\frac{51/6}{100}=206/4\,g$. پس جرم گازهای تولید شده، طبق قانون پایستگی جرم برابر است با:

گاز $193/6\,g=400-206/4$. مول گاز کربن دی‌اکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,CO_2=193/6\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}=4/4\,mol\,CO_2$$

اگر مول $MgCO_3$ و $CaCO_3$ را به ترتیب x و y در نظر بگیریم، پس جرمی برابر $84x$ و $100y$ دارند و به ترتیب x مول و y مول گاز CO_2 تولید می‌کنند. داریم:

$$\begin{cases}84x+100y=400\\ x+y=4/4\end{cases}\Rightarrow x=2/5\,,\ y=1/9$$

پس درصد جرمی کلسیم کربنات در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد جرمی } CaCO_3=\frac{100\times1/9}{400}\times100=\%47/5$$

لیتر گاز کربن دی‌اکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,CO_2=4/4\,mol\,CO_2\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=98/56\,L\,CO_2$$

فصل دوم: آزمون جامع ۲

۱ ۳ ابتدا باید حجم مولی گازها را در ارتفاع ۱۰ کیلومتری از سطح زمین محاسبه کنیم:

$$\Delta\theta=-6h\Rightarrow\theta_2-14=-6\times10\Rightarrow\theta_2=-46^\circ C\Rightarrow T_2=-46^\circ C+273=227K$$

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}\Rightarrow\frac{1\times22/4}{1\times273}=\frac{0/28\times V_2}{1\times227}\Rightarrow V_2\simeq66/5L.mol^{-1}$$

سپس چگالی گاز اوزون را در این ارتفاع به‌دست می‌آوریم: $\text{چگالی گاز اوزون} = \frac{\text{جرم مولی } O_3}{\text{حجم مولی } O_3} = \frac{48\ (g.mol^{-1})}{66/5\ (L.mol^{-1})} \simeq 0/72 g.L^{-1}$

۲ ۱ **قسمت اول:** ابتدا مقدار مول گاز تولید شده را محاسبه می‌کنیم: $2KClO_3(s) \xrightarrow{\Delta} 2KCl(s) + 3O_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,mol\,O_2 = 24/5\,g\,KClO_3 \times \frac{1\,mol\,KClO_3}{122/5\,g\,KClO_3} \times \frac{3\,mol\,O_2}{2\,mol\,KClO_3} = 0/3\,mol\,O_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم } KClO_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{24/5}{2 \times 122/5} = \frac{x\,mol\,O_2}{3} \Rightarrow x = 0/3\,mol\,O_2$

سپس با استفاده از قانون گازها، حجم گاز را در شرایط داده شده محاسبه می‌کنیم: $\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{2 \times V_2}{0/3 \times (91+273)} \Rightarrow V_2 = 4/48 L$

قسمت دوم: محاسبهٔ جرم O_3 تولیدی: **روش اول (کسر تبدیل):** $?\,g\,O_3 = 0/3\,mol\,O_2 \times \frac{70}{100} \times \frac{1\,mol\,O_3}{1\,mol\,O_2} \times \frac{48\,g\,O_3}{1\,mol\,O_3} = 10/08\,g\,O_3$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } O_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0/3 \times \frac{70}{100}}{1} = \frac{x\,g\,O_2}{48} \Rightarrow x = 10/08\,g\,O_3$

۳ ۲ در اثر تجزیهٔ گرمایی دو مول سدیم هیدروژن کربنات، در حالت اول دو مول گاز (بخار آب و کربن دی‌اکسید) و در شرایط STP فقط یک مول گاز (کربن دی‌اکسید) تولید می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2} \xrightarrow{P\ \text{ثابت}} \frac{V_2}{V_1} = \frac{n_2T_2}{n_1T_1} \Rightarrow \frac{V_2}{V_1} = \frac{1 \times 273}{2 \times (117+273)} = 0/35$$

۴ ۴ ابتدا مقدار مول گاز کربن دی‌اکسید تولید شده در واکنش تجزیهٔ کلسیم کربنات را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,mol\,CO_2 = 50\,g\,CaCO_3 \times \frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3} \times \frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3} = 0/5\,mol\,CO_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم } CaCO_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول } CO_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{50}{1 \times 100} = \frac{x\,mol\,CO_2}{1} \Rightarrow x = 0/5\,mol\,CO_2$

سپس حجم این گاز را با استفاده از قانون گازها در شرایط داده شده محاسبه می‌کنیم: $\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{3/5 \times V_2}{0/5 \times (273+273)} \Rightarrow V_2 = 6/4 L$

حال حجم گاز اکسیژن تولید شده در واکنش تجزیهٔ سدیم نیترات که دما و فشار آن داده نشده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{حجم گاز } CO_2}{\text{حجم گاز } O_2} = 1/6 \Rightarrow \text{حجم گاز } O_2 = \frac{6/4}{1/6} = 4L$$

اکنون چگالی گاز اکسیژن را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): $34\,g\,NaNO_3 \times \frac{1\,mol\,NaNO_3}{85\,g\,NaNO_3} \times \frac{1\,mol\,O_2}{2\,mol\,NaNO_3} \times \frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2} \times \frac{1\,L\,O_2}{d\,g\,O_2} = 4L\,O_2 \Rightarrow d = 1/6 g.L^{-1}$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم } NaNO_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{چگالی } (g.L^{-1}) \times \text{لیتر } O_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{34}{2 \times 85} = \frac{4 \times d}{1 \times 32} \Rightarrow d = 1/6 g.L^{-1}$

۵ ۲ ابتدا مقدار اولیهٔ گاز متان موجود در سیلندر را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2} \xrightarrow[M\ \text{ثابت}]{n=\frac{m}{M}} \frac{P_1V_1}{m_1T_1} = \frac{P_2V_2}{m_2T_2} \xrightarrow{P\ \text{ثابت}} \frac{V_1}{m_1T_1} = \frac{V_2}{m_2T_2} \Rightarrow \frac{\pi r^2 \times 20}{m_1 \times (27+273)} = \frac{\pi r^2 \times 40}{(m_1+8) \times (227+273)} \Rightarrow m_1 = 40g$$

پس جرم کل گاز متان داخل سیلندر برابر ۴۸ (۸+۴۰) گرم است. اکنون مقدار گاز اکسیژن لازم برای سوختن این مقدار متان را به‌دست می‌آوریم:

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,O_2 = 48\,g\,CH_4 \times \frac{1\,mol\,CH_4}{16\,g\,CH_4} \times \frac{2\,mol\,O_2}{1\,mol\,CH_4} \times \frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2} = 192\,g\,O_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم } CH_4}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{48}{1 \times 16} = \frac{x\,g\,O_2}{2 \times 32} \Rightarrow x = 192g\,O_2$

۶ ۴ ابتدا باید حجم مولی گازها را محاسبه کنیم، اگر حجم مولی را V در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۲/۵\,L\,C_۴H_۸\times\frac{۱\,mol\,C_۴H_۸}{V\,L\,C_۴H_۸}\times\frac{۶\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,C_۴H_۸}{۱\,mol\,C_۴H_۸}\times\frac{۱۲\,atom\,(C,H)}{۱\,molecule\,C_۴H_۸}=۱/۰۸\times۱۰^{۲۴}\,atom(C,H)\Rightarrow V=\frac{۵۰}{۳}\,L$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم مولی}}{\text{لیتر } C_۴H_۸}=\frac{N_A\times۱۲}{\text{تعداد ذره}}\Rightarrow\frac{V}{۲/۵}=\frac{۶\times۱۰^{۲۳}\times۱۲}{۱/۰۸\times۱۰^{۲۴}}\Rightarrow V=\frac{۵۰}{۳}\,L.mol^{-۱}$$

پس حجم مولی گازها در این شرایط برابر $\frac{۵۰}{۳}$ لیتر بر مول است، پس برای اوزون خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$x\,L\,O_۳=۱۴/۴\times۱۰^{۲۳}\,atom\,O\times\frac{۱\,molecule\,O_۳}{۳\,atom\,O}\times\frac{۱\,mol\,O_۳}{۶\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,O_۳}\times\frac{\frac{۵۰}{۳}\,L\,O_۳}{۱\,mol\,O_۳}=\frac{۴۰}{۳}\,L\,O_۳\simeq۱۳/۳۳\,L\,O_۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{تعداد ذره}}{N_A\times۳}=\frac{\text{لیتر } O_۳}{\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{۱۴/۴\times۱۰^{۲۳}}{۶\times۱۰^{۲۳}\times۳}=\frac{x}{\frac{۵۰}{۳}}\Rightarrow x=\frac{۴۰}{۳}\,L\simeq۱۳/۳۳L\,O_۳$$

چگالی گاز اوزون در این شرایط برابر است با:

$$\text{چگالی } O_۳=\frac{\text{جرم مولی } O_۳}{\text{حجم مولی } O_۳}=\frac{۴۸\,g.mol^{-۱}}{\frac{۵۰}{۳}\,L.mol^{-۱}}=۲/۸۸\,g.L^{-۱}$$

۷ ۱ چگالی گاز $N_۲$ و $C_۴H_۸$ در شرایط برابر STP را محاسبه می‌کنیم:

$$d_{C_۴H_۸}=\frac{\text{جرم مولی } C_۴H_۸}{\text{حجم مولی } C_۴H_۸}=\frac{۵۶\,g}{۲۲/۴\,L}=۲/۵\,g.L^{-۱}$$

$$d_{N_۲}=\frac{\text{جرم مولی } N_۲}{\text{حجم مولی } N_۲}=\frac{۲۸\,g}{۲۲/۴\,L}=۱/۲۵\,g.L^{-۱}$$

اگر یک لیتر مخلوط این گازها را داشته باشیم، فرض می‌کنیم این مخلوط دارای x لیتر گاز $N_۲$ و $(۱-x)$ لیتر گاز $C_۴H_۸$ است.

$$?\,g\,C_۴H_۸=(۱-x)L\,C_۴H_۸\times\frac{۲/۵\,g\,C_۴H_۸}{۱\,L\,C_۴H_۸}=۲/۵-۲/۵x\,g\,C_۴H_۸$$

$$?\,g\,N_۲=x\,L\,N_۲\times\frac{۱/۲۵\,g\,N_۲}{۱\,L\,N_۲}=۱/۲۵\,x\,g\,N_۲$$

مجموع جرم این مخلوط گازی با توجه به چگالی برابر است با:

$$\text{چگالی مخلوط}=\frac{\text{مجموع مخلوط}}{\text{حجم مخلوط}}\Rightarrow۱/۷۵\,g.L^{-۱}=\frac{m_{\text{کل}}}{۱L}\Rightarrow m_{\text{کل}}=۱/۷۵\,g$$

پس داریم:

$$\text{جرم کل}=N_۲\text{ جرم}+C_۴H_۸\text{ جرم}\Rightarrow۱/۷۵=۱/۲۵x+۲/۵-۲/۵x\Rightarrow x=۰/۶L$$

در نتیجه ۰/۶ لیتر گاز $N_۲$ و ۰/۴ لیتر گاز $C_۴H_۸$ در مخلوط وجود داشته است. درصد جرمی $N_۲$ برابر است با:

$$\text{درصد جرمی } N_۲=\frac{۰/۶\times۱/۲۵}{۱/۷۵}\times۱۰۰\simeq٪۴۲/۸۶$$

۸ ۱ واکنش سوختن کامل بوتان:

$$۲C_۴H_{۱۰}(g)+۱۳O_۲(g)\rightarrow۸CO_۲(g)+۱۰H_۲O(g)$$

در این واکنش هر ۱۵ لیتر از واکنش‌دهنده‌ها، ۱۸ لیتر از فراورده‌ها را تولید می‌کند. به عبارتی به ازای تولید ۸ لیتر گاز کربن دی‌اکسید، ۳ لیتر افزایش حجم داریم، پس:

$$?\,L\,CO_۲=(۱۲۶-۱۰۵)L\text{ افزایش حجم}\times\frac{۸\,L\,CO_۲}{\text{افزایش حجم }۳\,L}=۵۶\,L\,CO_۲$$

مقدار مول گاز کربن دی‌اکسید را از واکنش فتوسنتز محاسبه می‌کنیم:

$$۶CO_۲(g)+۶H_۲O(g)\rightarrow C_۶H_{۱۲}O_۶(l)+۶O_۲(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,CO_۲=۳۰۰\,g\,C_۶H_{۱۲}O_۶\times\frac{۱\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱۸۰\,g\,C_۶H_{۱۲}O_۶}\times\frac{۶\,mol\,CO_۲}{۱\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}=۱۰\,mol\,CO_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}{\text{جرم } C_۶H_{۱۲}O_۶}=\frac{\text{ضریب}}{\text{مول } CO_۲}\Rightarrow\frac{۱\times۱۸۰}{۳۰۰}=\frac{۶}{x}\Rightarrow x=۱۰mol\,CO_۲$$

طبق قوانین گازها داریم:

$$\frac{P_۱V_۱}{n_۱T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{n_۲T_۲}\Rightarrow\frac{۱\times۲۲/۴}{۱\times۲۷۳}=\frac{P_۲\times۵۶}{۱۰\times(۱۳۶/۵+۲۷۳)}\Rightarrow P_۲=۶\,atm$$

۹ ۲ معادلهٔ واکنش موازنه شده:

$$۲N_۲O_۴+N_۲H_۴\rightarrow۶NO+۲H_۲O$$

به ازای تولید ۶ مول NO، اختلاف جرم واکنش‌دهنده‌ها برابر $۲\times۹۲-۱\times۳۲=۱۵۲g$ است، پس داریم:

$$?\,mol\,NO=۳۰/۴g\text{ اختلاف جرم}\times\frac{۶mol\,NO}{۱۵۲g\text{ اختلاف جرم}}\times\frac{۲۲/۴L\,NO}{۱\,mol\,NO}=۲۶/۸۸L\,NO$$

$$?\,mol\,H_۲O=۱/۲mol\,NO\times\frac{۲mol\,H_۲O}{۶mol\,NO}=۰/۴mol\,H_۲O$$

طبق قوانین گازها داریم:

$$\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}\Rightarrow\frac{1\times26/88}{273}=\frac{2\times V_2}{351}\Rightarrow V_2=17/28L\ NO$$

و مطابق واکنش سوختن متان، داریم:

$$CH_4+2O_2\rightarrow CO_2+2H_2O,\quad ?\,g\,CH_4=0/4mol\,H_2O\times\frac{1\,mol\,CH_4}{2\,mol\,H_2O}\times\frac{16g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=3/2g\,CH_4$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{1\times26/88}{273}=\frac{2\times V_2}{351}\xrightarrow[\text{۲۷۳ و ۳۵۱، اعداد ۲۷، ۲۷۰ و ۳۵۰ قرار گیرد.}]{\text{مرتب‌سازی و تخمین‌زدن: به جای اعداد ۲۶/۸۸،}}V_2=\frac{350\times27}{2\times270}=\frac{350}{2\times10}=17/5$$

نزدیک‌ترین عدد، ۱۷/۲۸ است.

۲ ۱۰ فرض می‌کنیم یک مول مخلوط گازی NO و NH_3 داریم که x مول NH_3 و $(1-x)$ مول NO دارد. جرم یک مول از NH_3 را که حجم برابر ۲۴ لیتر دارد محاسبه می‌کنیم:

$$d=\frac{\text{جرم گاز}}{\text{حجم گاز}}\Rightarrow0/99=\frac{\text{جرم گاز}}{24}\Rightarrow\text{جرم گاز}=23/76$$

پس داریم:

$$17x+30(1-x)=23/76\Rightarrow x=0/48$$

در مخلوطی به حجم ۶۰ لیتر، مول گاز آمونیاک برابر است با:

$$?\,mol\,NH_3=60L\,\text{گاز}\times\frac{0/48mol\,NH_3}{24L\,\text{گاز}}=1/2mol\,NH_3$$

معادلهٔ واکنش موازنه شده:

$$2NH_3+3O_2+2CH_4\rightarrow2HCN+6H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,O_2=1/2mol\,NH_3\times\frac{3mol\,O_2}{2mol\,NH_3}\times\frac{24L\,O_2}{1\,mol\,O_2}=43/2L\,O_2$$

$$?\,g\,HCN=1/2mol\,NH_3\times\frac{2mol\,HCN}{2mol\,NH_3}\times\frac{27g\,HCN}{1\,mol\,HCN}=32/4g\,HCN$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }NH_3}{\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر }O_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم HCN}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{1/2}{2}=\frac{x}{3\times24}=\frac{y}{2\times27}\Rightarrow x=43/2L\,O_2,\ y=32/4g\,HCN$$

فصل دوم: آزمون جامع ۳

۱ ۱ ابتدا دما و فشار را در ارتفاع ۵ کیلومتری از سطح زمین محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta=-6h\Rightarrow\theta_2-17=-6\times5\Rightarrow\theta_2=-13^\circ C=260K$$

$$1atm\xrightarrow{1km}0/9atm\xrightarrow{1km}0/81atm\xrightarrow{1km}0/729atm\xrightarrow{1km}0/6561atm\xrightarrow{1km}0/59atm(\simeq0/6atm)$$

سپس حجم مولی گازها را در این شرایط به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}\xrightarrow{n\text{ ثابت}}\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}\Rightarrow\frac{1\times22/4}{273}=\frac{0/6\times V_2}{260}\Rightarrow V_2\simeq35/55L.mol^{-1}$$

اکنون حجم گاز NO_2 مصرفی در واکنش تولید اوزون تروپوسفری را به‌دست می‌آوریم:

$$NO_2(g)+O_2(g)\xrightarrow{\text{نور خورشید}}NO(g)+O_3(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,NO_2=6/4g\,O_3\times\frac{1\,mol\,O_3}{48g\,O_3}\times\frac{1\,mol\,NO_2}{1\,mol\,O_3}\times\frac{35/55L\,NO_2}{1\,mol\,NO_2}=4/74L\,NO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{لیتر }NO_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }O_3}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,L\,NO_2}{1\times35/55}=\frac{6/4}{1\times48}\Rightarrow x=4/74L\,NO_2$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{x}{1\times35/55}=\frac{6/4}{1\times48}\xrightarrow[\text{به جای ۳۵/۵۵ عدد ۳۶ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌سازی}}x=\frac{36\times6/4}{48}=\frac{3\times6/4}{4}=3\times1/6=4/8$$

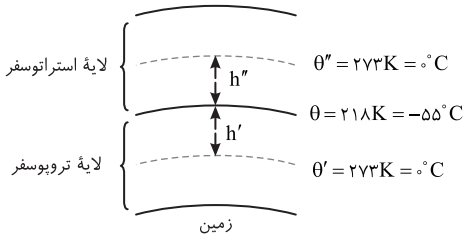
نزدیک‌ترین عدد، ۴/۷۴ در گزینهٔ (۱) است.

۲ ۱ با توجه به توضیحات مسئله، می‌توانیم شکل مقابل را رسم کنیم. برای تغییرات دما در لایهٔ تروپوسفر از رابطهٔ $\Delta\theta=-6h'$ و برای تغییرات دما در لایهٔ استراتوسفر از رابطهٔ $\Delta\theta=1/6h''$ استفاده می‌کنیم. **لایهٔ تروپوسفر:** برای محاسبهٔ ارتفاعی از لایهٔ تروپوسفر که دما در آن برابر $0^\circ C$ است، باید از دمای ابتدای لایهٔ استراتوسفر (یعنی ۲۱۸K) استفاده کنیم:

لایهٔ استراتوسفر:

$$\Delta\theta=-6h'\Rightarrow-55-0=-6h'\Rightarrow h'\simeq9/17km$$

$$\Delta\theta=1/6h''\Rightarrow0-(-55)=1/6h''\Rightarrow h''=34/375km$$



پس تفاوت ارتفاع دو نقطه از هواکره در دو لایهٔ تروپوسفر و استراتوسفر که دما در آن نقاط $0^\circ C$ است، برابر است با: $\Delta h = 9/17 + 34/375 = 43/545 km \simeq 43/5 km$

۳ ۲ مول هیدروژن اضافه شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,H_2 = 2g\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{2g\,H_2} = 1\,mol\,H_2$$

طبق قوانین گازها داریم:

$$\Delta n = 1\,mol \quad , \quad \Delta V = V_2 - V_1 = 1/25V_1 - V_1 = 0/25V_1 \quad , \quad \frac{\Delta n}{n_1} = \frac{\Delta V}{V_1} \Rightarrow \frac{1}{n_1} = \frac{0/25V_1}{V_1} \Rightarrow n_1 = 4mol$$

پس مخلوط اولیه ۴ مول بوده است. اگر مول نیتروژن را x و مول هیدروژن را y در نظر بگیریم، $28x$ گرم نیتروژن و $2y$ گرم هیدروژن داریم:

$$\begin{cases} x+y=4 \\ 28x+2y=60 \end{cases} \Rightarrow x=2, y=2$$

پس درصد مولی گاز N_2 در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد جرمی } N_2 = \frac{\text{مول } N_2}{\text{مول کل}} \times 100 = \frac{2}{4} \times 100 = \%50$$

۴ ۴ معادلهٔ واکنش سوختن کامل بنزن:

$$2C_6H_6(l) + 15O_2(g) \rightarrow 12CO_2(g) + 6H_2O(g)$$

ابتدا مقدار مول گاز اکسیژن لازم برای سوختن ۳۱/۲ گرم بنزن را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,O_2 = 31/2\,g\,C_6H_6 \times \frac{1\,mol\,C_6H_6}{78\,g\,C_6H_6} \times \frac{15\,mol\,O_2}{2\,mol\,C_6H_6} = 3\,mol\,O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_6H_6}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{31/2}{2 \times 78} = \frac{n}{15} \Rightarrow n = 3mol\,O_2$$

اگر x مول O_2 در واکنش (I) تولید شود، $(3-x)$ مول O_2 در واکنش (II) تولید می‌شود، پس خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,KClO_3 = x\,mol\,O_2 \times \frac{2\,mol\,KClO_3}{3\,mol\,O_2} \times \frac{122/5\,g\,KClO_3}{1\,mol\,KClO_3} = \frac{245}{3}\,x\,g\,KClO_3$$

$$?\,g\,NaNO_3 = (3-x)\,mol\,O_2 \times \frac{2\,mol\,NaNO_3}{1\,mol\,O_2} \times \frac{85\,g\,NaNO_3}{1\,mol\,NaNO_3} = 170(3-x)\,g\,NaNO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } KClO_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{m_1}{2 \times 122/5} = \frac{x}{3} \Rightarrow m_1 = \frac{245}{3}\,x\,g\,KClO_3$$

$$\frac{\text{جرم } NaNO_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{m_2}{2 \times 85} = \frac{3-x}{1} \Rightarrow m_2 = 170(3-x)\,g\,NaNO_3$$

از مجموع جرم این دو ماده داریم:

$$\frac{245}{3}x + 170(3-x)g = 271/5 \Rightarrow 245x + 510(3-x) = 814/5 \Rightarrow 245x + 1530 - 510x = 814/5 \Rightarrow 265x = 715/5 \Rightarrow x = 2/7$$

پس در واکنش (II) مقدار $0/3mol$ $(3-2/7)$ اکسیژن تولید شده است. اکنون جرم $NaNO_2$ تولید شده برابر است با:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NaNO_2 = 0/3mol\,O_2 \times \frac{2mol\,NaNO_2}{1\,mol\,O_2} \times \frac{69g\,NaNO_2}{1\,mol\,NaNO_2} = 41/4g\,NaNO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } NaNO_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{y}{2 \times 69} = \frac{0/3}{1} \Rightarrow y = 41/4g\,NaNO_2$$

۵ ۴ جرم پروپان را x گرم و جرم متان را $(x+10)$ گرم در نظر می‌گیریم:

سوختن متان:

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$$

$$?\,g\,CO_2 = (x+10)g\,CH_4 \times \frac{1\,mol\,CH_4}{16g\,CH_4} \times \frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CH_4} \times \frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = \frac{11(x+10)}{4}\,g\,CO_2$$

سوختن پروپان:

$$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$$

$$?\,g\,CO_2 = x\,g\,C_3H_8 \times \frac{1\,mol\,C_3H_8}{44g\,C_3H_8} \times \frac{3mol\,CO_2}{1\,mol\,C_3H_8} \times \frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = 3x\,g\,CO_2$$

با توجه به اینکه مجموع جرم کربن دی‌اکسید تولید شده برابر ۱۵۴ گرم است، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{11(x+10)}{4} + 3x = 154 \Rightarrow x = 22g$$

حال مقدار مول گازهای متان و پروپان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,CH_۴\,(\text{در مخلوط اولیه})=۳۲g\,CH_۴\times\frac{۱\,mol\,CH_۴}{۱۶g\,CH_۴}=۲mol\,CH_۴$$

$$?\,mol\,C_۳H_۸\,(\text{در مخلوط اولیه})=۲۲g\,C_۳H_۸\times\frac{۱\,mol\,C_۳H_۸}{۴۴g\,C_۳H_۸}=۰/۵\,mol\,C_۳H_۸$$

اکنون درصد مولی گاز متان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$CH_۴\ \text{درصد مولی}=\frac{CH_۴\ \text{مول}}{\text{مول کل}}\times۱۰۰=\frac{۲}{۲/۵}\times۱۰۰=٪۸۰$$

۶ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$MS_۲(s)+۳O_۲(g)\rightarrow MO_۲(s)+۲SO_۲(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم مولی M را x در نظر گرفته و آن را محاسبه می‌کنیم:

$$۱۱/۷g\,MS_۲\times\frac{۱\,mol\,MS_۲}{(x+۶۴)g\,MS_۲}\times\frac{۱\,mol\,MO_۲}{۱\,mol\,MS_۲}\times\frac{(x+۳۲)g\,MO_۲}{۱\,mol\,MO_۲}=(۱۱/۷-۲/۴)g\,MO_۲\Rightarrow x=۹۲g.mol^{-۱}$$

اکنون با توجه به معادلهٔ واکنش، حجم گاز $SO_۲$ تولیدی برابر است با:

$$?\,L\,SO_۲=۱۱/۷g\,MS_۲\times\frac{۱\,mol\,MS_۲}{۱۵۶g\,MS_۲}\times\frac{۲mol\,SO_۲}{۱\,mol\,MS_۲}\times\frac{۲۲/۴L\,SO_۲}{۱\,mol\,SO_۲}=۳/۳۶L\,SO_۲$$

روش دوم (تناسب): ابتدا جرم مولی M را x در نظر گرفته و آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{MS_۲\ \text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{MO_۲\ \text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۱۱/۷}{۱\times(x+۶۴)}=\frac{۱۱/۷-۲/۴}{۱\times(x+۳۲)}\Rightarrow x=۹۲g.mol^{-۱}$$

اکنون با توجه به معادلهٔ واکنش، حجم گاز $SO_۲$ تولیدی برابر است با:

$$\frac{MS_۲\ \text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{(STP)\,SO_۲\ \text{لیتر}}{\text{ضریب}\times۲۲/۴}\Rightarrow\frac{۱۱/۷}{۱\times۱۵۶}=\frac{x\,L\,SO_۲}{۲\times۲۲/۴}\Rightarrow x=۳/۳۶L\,SO_۲$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{۱۱/۷\times۲\times۲۲/۴}{۱۵۶}=\xrightarrow[\text{به‌جای ۱۱/۷ و ۱۵۶ اعداد ۱۲ و ۱۶۰ قرار گیرد.}]{\text{تخمین‌زدن و ساده‌سازی}}\frac{\overset{۳}{۱۲}\times۲\times۲۲/۴}{\underset{۲۰}{۱۶۰}}=\frac{۳\times\overset{۱۱/۲}{۲۲/۴}}{\underset{۱۰}{۲۰}}=\frac{۳\times۱۱/۲}{۱۰}=۳/۳۶$$

۷ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل $CS_۲$ به صورت مقابل است:

$$CS_۲(g)+۳O_۲(g)\rightarrow CO_۲(g)+۲SO_۲(g)$$

اگر مقدار مول $O_۲$ اضافی را x در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$\text{مقدار مول‌ها در پایان واکنش}=\text{مجموع مقدار مول فراورده‌ها}+\text{مقدار مول } O_۲\text{ اضافی}=(۴-x)mol\ \text{واکنش‌دهنده}\times\frac{۳mol\ \text{فراورده}}{۴mol\ \text{واکنش‌دهنده}}+x=۳/۱$$

$$\Rightarrow x=۰/۴\,mol\,O_۲$$

اکنون با استفاده از مقدار مول اولیهٔ واکنش‌دهنده‌ها و مقدار مول گاز اکسیژن اضافی، جرم $CS_۲$ موجود در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,CS_۲=(۴-۰/۴)mol\ \text{واکنش‌دهنده}\times\frac{۱\,mol\,CS_۲}{۴mol\ \text{واکنش‌دهنده}}\times\frac{۷۶g\,CS_۲}{۱\,mol\,CS_۲}=۶۸/۴g\,CS_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول واکنش‌دهنده}}{\text{ضریب}}=\frac{CS_۲\ \text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۴-۰/۴}{۴}=\frac{x}{۱\times۷۶}\Rightarrow x=۶۸/۴g\,CS_۲$$

۸ ۳ تعداد مول گازهای وارد شده به محفظهٔ واکنش برابر است با:

$$?\,mol\,O_۲=۲۵mol\,\text{هوا}\times\frac{۲۰}{۱۰۰}=۵\,mol\,O_۲$$

$$?\,mol\,N_۲=۲۵mol\,\text{هوا}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}=۲۰\,mol\,N_۲$$

پنتان با گاز اکسیژن مطابق واکنش مقابل می‌سوزد، اما با گاز نیتروژن وارد واکنش نمی‌شود:

$$C_۵H_{۱۲}(l)+۸O_۲(g)\rightarrow۵CO_۲(g)+۶H_۲O(g)$$

مقدار مول $O_۲$ مصرفی برابر است با:

$$?\,mol\,O_۲=۳۶g\,C_۵H_{۱۲}\times\frac{۱\,mol\,C_۵H_{۱۲}}{۷۲g\,C_۵H_{۱۲}}\times\frac{۸mol\,O_۲}{۱\,mol\,C_۵H_{۱۲}}=۴\,mol\,O_۲$$

پس ۴ مول اکسیژن برای سوختن کامل پنتان مصرف می‌شود و یک مول اکسیژن اضافی در ظرف باقی می‌ماند. تعداد مول‌های بخار آب و کربن دی‌اکسید تولیدی را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,H_۲O=۴mol\,O_۲\times\frac{۶mol\,H_۲O}{۸mol\,O_۲}=۳\,mol\,H_۲O$$

$$?\,mol\,CO_۲=۴mol\,O_۲\times\frac{۵mol\,CO_۲}{۸mol\,O_۲}=۲/۵\,mol\,CO_۲$$

بنابراین، گازهای درون ظرف در انتهای واکنش عبارتند از:

$$\text{در انتهای واکنش}:۲۰mol\,N_۲\,,۱\,mol\,O_۲\,,۲/۵mol\,CO_۲\,,۳mol\,H_۲O\Rightarrow۲۶/۵mol\ \text{گاز}$$

اکنون درصد مولی بخار آب در مخلوط گازهای نهایی را به‌دست می‌آوریم:

$$H_۲O\ \text{درصد مولی}=\frac{H_۲O\ \text{مقدار مول}}{\text{مقدار مول کل}}\times۱۰۰=\frac{۳}{۲۶/۵}\times۱۰۰\simeq٪۱۱/۳۲$$

۱۹ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها: $CaCO_3(s)\rightarrow CaO(s)+CO_2(g)$, $4KNO_3(s)\rightarrow 2K_2O(s)+2N_2(g)+5O_2(g)$

ابتدا حجم مولی گازها را در شرایط آزمایش محاسبه می‌کنیم: $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}\xrightarrow{n\ \text{ثابت}}\frac{P_1V_1}{T_1}=\frac{P_2V_2}{T_2}\Rightarrow\frac{1\times 22/4}{273}=\frac{2\times V_2}{70^2+273}\Rightarrow V_2=40\,L.mol^{-1}$

با توجه به اینکه ۱۰ لیتر گاز با نسبت‌های ۱، ۲ و ۵ به‌ترتیب برای گازهای کربن دی‌اکسید (CO_2)، نیتروژن (N_2) و اکسیژن (O_2) تولید شده است، جرم جامدهای اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CaCO_3=10\,L\ \text{گاز}\times\frac{1\,mol\ \text{گاز}}{40\,L\ \text{گاز}}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{8\,mol\ \text{گاز}}\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{100\,g\,CaCO_3}{1\,mol\,CaCO_3}=3/125\,g\ CaCO_3$$

$$?\,g\,KNO_3=10\,L\ \text{گاز}\times\frac{1\,mol\ \text{گاز}}{40\,L\ \text{گاز}}\times\frac{7\,mol\,(N_2\ ,O_2)}{8\,mol\ \text{گاز}}\times\frac{4\,mol\,KNO_3}{7\,mol\,(N_2\ ,O_2)}\times\frac{101\,g\,KNO_3}{1\,mol\,KNO_3}=12/625\,g\ KNO_3$$

در انتها، اختلاف جرم دو جامد اولیه را به‌دست می‌آوریم: تفاوت جرم واکنش‌دهنده‌ها $=12/625-3/125=9/5\,g$

۱۰۳ به کمک قانون گازها مقدار مول ثانویه را به‌دست می‌آوریم: $\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}\xrightarrow{T,V\ \text{ثابت}}\frac{P_1}{n_1}=\frac{P_2}{n_2}\Rightarrow\frac{P_1}{1}=\frac{0/9P_1}{n_2}\Rightarrow n_2=0/9\,mol$

در ادامه به کمک جدول مقابل، ابتدا مقدار مول و سپس جرم SO_3 تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$2SO_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2SO_3(g)$$

مول اولیه	۱	۰
تغییر مول	$-3x$	$+2x$
مول نهایی	$1-3x$	$0+2x$

مجموع مقدار مول گازها در پایان واکنش $=(1-3x)+(0+2x)=0/9\Rightarrow x=0/1$

مقدار مول SO_3 تولید شده $=2x=2\times 0/1=0/2\,mol\ SO_3$

$$?\,g\ SO_3=0/2\,mol\ SO_3\times\frac{80\,g\ SO_3}{1\,mol\ SO_3}=16\,g\ SO_3$$

پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع فصل سوم

فصل سوم: آزمون کنکور

۱ ۴ ابتدا به کمک فرمول ppm، جرم حل‌شونده که همان سدیم سولفات (Na_2SO_4) است را محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{جرم } Na_2SO_4}{\text{جرم محلول}}\times 10^6 \Rightarrow 100=\frac{x\ g}{2840g}\times 10^6 \Rightarrow x=0/284g\ Na_2SO_4$$

سپس از جرم Na_2SO_4، جرم یون سدیم (Na^+) را به‌دست می‌آوریم:

$$?g\ Na^+=0/284g\ Na_2SO_4\times\frac{1mol\ Na_2SO_4}{142g\ Na_2SO_4}\times\frac{2mol\ Na^+}{1mol\ Na_2SO_4}\times\frac{23g\ Na^+}{1mol\ Na^+}=9/2\times10^{-2}g\ Na^+$$

۲ ۲ جرم مولی ترکیب یونی را x گرم بر مول در نظر گرفته و مقدار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?mol\ MNO_3=300g\ \text{محلول}\times\frac{170g\ MNO_3}{10^6g\ \text{محلول}}\times\frac{1mol\ MNO_3}{(x)g\ MNO_3}=6\times10^{-4}mol\ MNO_3 \Rightarrow x=85g.mol^{-1}$$

اکنون جرم مولی فلز M را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مولی نمک}=(\text{جرم مولی } M)+(1\times14)+(3\times16)=85 \Rightarrow \text{جرم مولی } M=23g.mol^{-1}$$

بنابراین فلز M همان ^{23}Na است.

۳ ۴ قسمت اول: فرمول شیمیایی سدیم فسفید به‌صورت Na_3P است. در هر مول از این ترکیب، ۴ مول یون ($3Na^+$ و $1P^{3-}$) وجود دارد؛ پس خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\text{یون‌ها}=5g\ Na_3P\times\frac{1mol\ Na_3P}{100g\ Na_3P}\times\frac{4mol\ \text{یون}}{1mol\ Na_3P}\times\frac{6/02\times10^{23}\ \text{یون}}{1mol\ \text{یون}}=1/204\times10^{23}\ \text{یون}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Na_3P}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد یون}}{4\times N_A} \Rightarrow \frac{5g}{1\times100}=\frac{x}{4\times6/02\times10^{23}} \Rightarrow x=1/204\times10^{23}\ \text{یون}$$

قسمت دوم: ابتدا جرم یون سدیم موجود در این محلول را به یکی از روش‌های زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?g\ Na^+=5g\ Na_3P\times\frac{1mol\ Na_3P}{100g\ Na_3P}\times\frac{3mol\ Na^+}{1mol\ Na_3P}\times\frac{23g\ Na^+}{1mol\ Na^+}=3/45g\ Na^+$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Na_3P}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } Na^+}{\text{زیروند}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{5g}{1\times100}=\frac{x\ g\ Na^+}{3\times23} \Rightarrow x=3/45g\ Na^+$$

حال می‌توانیم غلظت ppm یون سدیم را در محلول به‌دست آوریم:

$$ppm=\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{3/45\times10^3mg}{5L}=690ppm$$

۴ ۴ روش اول (کسر تبدیل) قسمت اول:

$$?g\ Cl_2=852\ m^3\ \text{آب}\times\frac{10^3L\ \text{آب}}{1m^3\ \text{آب}}\times\frac{1kg\ \text{آب}}{1L\ \text{آب}}\times\frac{10^3g\ \text{آب}}{1kg\ \text{آب}}\times\frac{1/2g\ Cl_2}{10^6g\ \text{آب}}=1022/4g\ Cl_2$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ برقکافت منیزیم کلرید مذاب:

$$MgCl_2(l)\rightarrow Mg(l)+Cl_2(g)$$

$$?kg\ MgCl_2=1022/4\ g\ Cl_2\times\frac{1mol\ Cl_2}{71g\ Cl_2}\times\frac{1mol\ MgCl_2}{1mol\ Cl_2}\times\frac{95g\ MgCl_2}{1mol\ MgCl_2}\times\frac{1kg\ MgCl_2}{10^3g\ MgCl_2}=1/368\ kg\ MgCl_2$$

روش دوم (تناسب): معادلهٔ موازنه شدهٔ برقکافت منیزیم کلرید مذاب:

$$MgCl_2(l)\rightarrow Mg(l)+Cl_2(g)$$

$$\frac{\text{گرم محلول}\times\frac{ppm}{10^6}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } Cl_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } MgCl_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}$$

$$\frac{852\times10^6\times\frac{1/2}{10^6}}{1\times71}=\frac{x\ g\ Cl_2}{1\times71}=\frac{y\ g\ MgCl_2}{1\times95} \Rightarrow x=1022/4g\ ,\ y=1368g\ MgCl_2=1/368kg\ MgCl_2$$

۵ ۲ ابتدا از جرم یون سولفات به شمار مول‌های آهن (III) سولفات رسیده و سپس با نسبت داده‌شده در صورت سؤال، شمار مول‌های آهن (III) برمید را محاسبه می‌کنیم. در نهایت با استفاده از شمار مول‌های آهن (III) سولفات و آهن (III) برمید، غلظت یون آهن (III) را محاسبه می‌کنیم.

$$?\,mol\,Fe_2(SO_4)_3=8/64\,g\,SO_4^{2-}\times\frac{1\,mol\,SO_4^{2-}}{96g\,SO_4^{2-}}\times\frac{1\,mol\,Fe_2(SO_4)_3}{3mol\,SO_4^{2-}}=0/03mol\,Fe_2(SO_4)_3$$

$$?\,mol\,FeBr_3=0/03mol\,Fe_2(SO_4)_3\times\frac{2mol\,FeBr_3}{1\,mol\,Fe_2(SO_4^{2-})_3}=0/06\,mol\,FeBr_3$$

$$?\,mol\,Fe^{3+}=(0/03\times2)+(0/06\times1)=0/12mol\,Fe^{3+}\Rightarrow ppm(Fe^{3+})=\frac{0/12mol\,Fe^{3+}\times\frac{56g\,Fe^{3+}}{1\,mol\,Fe^{3+}}}{400g}\times10^6=16800ppm$$

۶ ۱ در صورتی که دو یا چند محلول از یک حل‌شونده با درصدهای جرمی متفاوت را با یکدیگر مخلوط کنیم، درصد جرمی محلول نهایی از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:

$$\text{درصد جرمی نهایی}=\frac{[(\text{درصد جرمی محلول }(1)\times\text{جرم محلول }(1))+(\text{درصد جرمی محلول }(2)\times\text{جرم محلول }(2))+\cdots]}{(\text{جرم آب اضافه‌شده})+\text{جرم محلول }(1)+\text{جرم محلول }(2)+\cdots)}$$

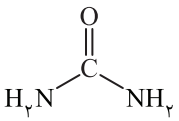
بنابراین داریم:

$$5=\frac{(200\times10)+(400\times15)}{x+200+400}\Rightarrow x=1000g\,H_2O\xrightarrow{d=1g.mL^{-1}}x=1000mL\,H_2O$$

۲ ۷ $ppm=10^4\times\text{درصد جرمی}=10^4\times1/4=14000$

$$?\,mol\,I_2=\text{محلول }180g\times\frac{1/4g\,I_2}{\text{محلول }100g}\times\frac{1\,mol\,I_2}{254g\,I_2}=10^{-2}\,mol\,I_2$$

۲ ۸ ساختار اوره به‌صورت زیر است. برای محاسبهٔ غلظت مولی اوره $(CO(NH_2)_2)$ ابتدا باید مقدار مول و سپس حجم محلول را محاسبه کنیم؛ بنابراین می‌توان نوشت:



$$?\,mol\,\text{اوره}=22/5\,g\,CO(NH_2)_2\times\frac{1\,mol\,CO(NH_2)_2}{60\,g\,CO(NH_2)_2}=\frac{3}{8}\,mol\,CO(NH_2)_2$$

$$V_{\text{محلول}}=(22/5+727/5)\,g\times\frac{1mL}{1g}\times\frac{1L}{1000mL}=0/75\,L\,\text{محلول}$$

$$\text{غلظت مولی}=\frac{n}{V}=\frac{\frac{3}{8}}{0/75}\simeq0/5\,mol.L^{-1}$$

۳ ۹ ابتدا با توجه به اطلاعات داده شده، جرم حل‌شونده و جرم محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم NaOH}=0/5L\,\text{محلول}\times\frac{2mol\,NaOH}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{40g\,NaOH}{1\,mol\,NaOH}=40g\,NaOH$$

دقت کنید که در اثر افزودن آب، جرم NaOH ثابت و برابر با ۴۰g باقی می‌ماند.

$$\text{جرم محلول}=500mL\,\text{محلول}\times\frac{1/2g\,\text{محلول}}{1mL\,\text{محلول}}=600g\,\text{محلول}$$

اکنون با توجه به درصد جرمی NaOH در محلول رقیق شده، می‌توان جرم آب اضافه شده به محلول را به‌دست آورد:

$$\text{درصد جرمی NaOH}=\frac{\text{جرم NaOH}}{\text{جرم محلول}}\times100\Rightarrow5=\frac{40}{600+x}\times100\Rightarrow600+x=800\Rightarrow x=200g$$

۱ ۱۰ قسمت اول: با کاهش غلظت محلول ۱ مولار NaOH به میزان ۲۰ درصد، غلظت آن به ۰/۸ مولار می‌رسد؛ با توجه به اینکه شمار مول‌های حل‌شونده ثابت است، می‌توان از رابطهٔ مربوط به رقیق کردن محلول‌ها استفاده کرد:

$$M_1\times V_1=M_2\times V_2\Rightarrow1\times500=0/8\times V_2\Rightarrow V_2=625\,mL$$

$$\text{حجم آب مقطر}=V_2-V_1=625-500=125mL$$

قسمت دوم: ابتدا غلظت محلول را در هر دو حالت برحسب گرم بر لیتر محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت اولیه}=1\,mol.L^{-1}\times\frac{40g\,NaOH}{1\,mol\,NaOH}=40g.L^{-1}$$

$$\text{غلظت نهایی}=0/8mol.L^{-1}\times\frac{40g\,NaOH}{1\,mol\,NaOH}=32g.L^{-1}$$

پس درصد کاهش غلظت برابر است با:

$$\text{درصد کاهش غلظت}=\frac{\text{مقدار کاهش غلظت}}{\text{غلظت اولیه}}\times100=\frac{(40-32)}{40}\times100=\%20$$

۲ ۱۱ با توجه به اینکه غلظت مولی دو نمک برابر است، می‌توان دریافت شمار مول‌های نمک Na_2S و NaF در محلول با یکدیگر برابر است. شمار مول هر نمک را برابر x در نظر گرفته و جرم هر یک را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم NaF}=x\,mol\,NaF\times\frac{42g\,NaF}{1\,mol\,NaF}=(42x)g\,NaF$$

$$\text{جرم }Na_2S=x\,mol\,Na_2S\times\frac{78g\,Na_2S}{1\,mol\,Na_2S}=(78x)g\,Na_2S$$

با توجه به اطلاعات سؤال، مجموع جرم این دو نمک برابر با ۶ گرم است:

$$\text{مجموع جرم نمک‌ها}=78x+42x=6\Rightarrow120x=6\Rightarrow x=0/05mol$$

اکنون می‌توان غلظت ppm یون سولفید را محاسبه کرد:

$$Na_2S(aq)\rightarrow2Na^+(aq)+S^{2-}(aq)$$

شمار مول یون S^{2-} برابر شمار مول Na_2S و برابر ۰/۰۵ مول است.

$$ppm\,(S^{2-})=\frac{\text{جرم } S^{2-}}{\text{جرم محلول}}\times10^6=\frac{(0/05\times32)g\,S^{2-}}{500g\text{ محلول}}\times10^6=3200ppm$$

۱۲ ۳ عبارت‌های دوم، سوم و چهارم درست‌اند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: ابتدا غلظت مولی محلول (۴) و محلول (۳) را به کمک رابطهٔ «غلظت مولی $=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}$» محاسبه می‌کنیم و سپس نسبت آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{array}{l}\text{غلظت مولی محلول (۴)}=\frac{3\times0/025}{25\times10^{-3}}=3mol.L^{-1}\\ \text{غلظت مولی محلول (۳)}=\frac{5\times0/025}{50\times10^{-3}}=2/5mol.L^{-1}\end{array}\right\}\Rightarrow\frac{\text{غلظت مولی محلول (۴)}}{\text{غلظت مولی محلول (۳)}}=\frac{3}{2/5}=1/2$$

عبارت دوم: با اضافه کردن محلول‌های (۱) و (۳) به یکدیگر، حجم دو برابر شده (از ۵۰mL به ۱۰۰mL) و چون حل‌شونده‌ها متفاوت هستند، غلظت هر دو نصف می‌شود.

عبارت سوم: اگر جرم مولی حل‌شوندهٔ موجود در محلول‌های (۱) و (۲) را به‌ترتیب M_1 و M_2 در نظر بگیریم، برای دو محلول خواهیم داشت:

$$\text{جرم محلول (۱)}=\text{جرم حلال}+\text{جرم حل‌شونده}=9\times0/025\times M_1+\text{جرم حلال}$$

$$\text{جرم محلول (۲)}=\text{جرم حلال}+\text{جرم حل‌شونده}=12\times0/025\times M_2+\text{جرم حلال}$$

از آن‌جا که حجم حلال در هر دو محلول یکسان است، پس جرم حلال هم برابر می‌باشد؛ بنابراین جرم حل‌شوندهٔ موجود در محلول‌ها نیز یکسان است.

$$\text{جرم حل‌شوندهٔ محلول (۱)}=\text{جرم حل‌شوندهٔ محلول (۲)}\Rightarrow9\times0/025\times M_1=12\times0/025\times M_2\Rightarrow\frac{M_2}{M_1}=0/75$$

عبارت چهارم: جرم مولی حل‌شونده موجود در محلول‌های (۲) و (۵) را به‌ترتیب M_2 و M_5 در نظر می‌گیریم و غلظت ppm هر محلول را به‌دست می‌آوریم: (چگالی محلول‌ها را $1g.mL^{-1}$ در نظر بگیرید.)

$$\text{غلظت ppm محلول (۲)}=\frac{12\times0/025\times M_2}{50}\times10^6=6\times10^3M_2$$

$$\text{غلظت ppm محلول (۵)}=\frac{8\times0/025\times M_5}{25}\times10^6=8\times10^3M_5$$

اگر جرم مولی حل‌شوندهٔ محلول (۵)، ۰/۷۵ برابر جرم مولی حل‌شوندهٔ محلول (۲) باشد، غلظت ppm هر دو محلول برابر خواهد بود.

$$\text{غلظت ppm محلول (۵)}=8\times10^3M_5\xrightarrow{M_5=0/75M_2}8\times10^3\times0/75M_2=6\times10^3M_2$$

غلظت ppm محلول (۵) با غلظت ppm محلول (۲) برابر شد.

۱۳ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به‌صورت مقابل است:

$$H_3PO_4(aq)+3KOH(aq)\rightarrow K_3PO_4(aq)+3H_2O(l)$$

برای محاسبهٔ غلظت مولی محلول بازی (یعنی محلول KOH) به یکی از روش‌های زیر عمل می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,KOH=53g\,K_3PO_4\times\frac{1mol\,K_3PO_4}{212g\,K_3PO_4}\times\frac{3mol\,KOH}{1mol\,K_3PO_4}=0/75mol\,KOH$$

$$\text{مولاریته}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{0/75}{0/2}=3/75mol.L^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم پتاسیم فسفات}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/2\times M}{3}=\frac{53}{1\times212}\Rightarrow M=3/75mol.L^{-1}$$

۱۴ ۱ ابتدا باید جرم اسید موجود در ۱۰ میلی‌لیتر محلول سولفوریک اسید را محاسبه کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2SO_4=210mg\,MgCO_3\times\frac{1g\,MgCO_3}{1000mg\,MgCO_3}\times\frac{1mol\,MgCO_3}{84g\,MgCO_3}\times\frac{1mol\,H_2SO_4}{1mol\,MgCO_3}\times\frac{98g\,H_2SO_4}{1mol\,H_2SO_4}=0/245g\,H_2SO_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } MgCO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } H_2SO_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{210\times10^{-3}}{84\times1}=\frac{x}{98\times1}\Rightarrow x=245\times10^{-3}$$

جرم اسید موجود در ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول سولفوریک اسید برابر است با:

$$?\,g\,H_2SO_4=100mL\text{ محلول}\times\frac{0/245g\,H_2SO_4}{10mL\text{ محلول}}=2/45g\,H_2SO_4$$

مولاریتهٔ محلول سولفوریک اسید برابر است با:

$$M=\frac{2/45g\,H_2SO_4\times\frac{1mol\,H_2SO_4}{98g\,H_2SO_4}}{0/1L\text{ محلول}}=0/25mol.L^{-1}$$

۱۵ ۳ در اثر انحلال هر مول سدیم سولفات (Na_2SO_4) در آب، ۳ مول یون ($2Na^+$ و $1SO_4^{2-}$) ایجاد می‌شود؛ پس اگر در یک محلول، مجموع غلظت یون‌ها برابر ۰/۱۲ باشد، پس غلظت مولی Na_2SO_4 برابر ۰/۰۴ ($\frac{0/12}{3}$) است و به این ترتیب خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\ Na_2SO_4\ \text{محلول} = 13/98g\ BaSO_4 \times \frac{1mol\ BaSO_4}{233g\ BaSO_4} \times \frac{1mol\ Na_2SO_4}{1mol\ BaSO_4} \times \frac{1L\ Na_2SO_4\ \text{محلول}}{0/04mol\ Na_2SO_4} \times \frac{10^3 mL\ Na_2SO_4\ \text{محلول}}{1L\ Na_2SO_4\ \text{محلول}} = 1500mL$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول } Na_2SO_4}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } BaSO_4}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{V\ L\ \text{محلول} \times 0/04}{1} = \frac{13/98}{1 \times 233} \Rightarrow V = 1/5L = 1500mL\ \text{محلول}$$

۱۶ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2H_2SO_4(aq) + Fe(s) \rightarrow FeSO_4(aq) + SO_2(g) + 2H_2O(l)$$

راه اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ Fe = 200g\ H_2SO_4(aq) \times \frac{4/9g\ H_2SO_4}{100g\ H_2SO_4(aq)} \times \frac{1mol\ H_2SO_4}{98g\ H_2SO_4} \times \frac{1mol\ Fe}{2mol\ H_2SO_4} \times \frac{56g\ Fe}{1mol\ Fe} = 2/8g\ Fe$$

راه دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم محلول} \times \frac{\text{درصد جرمی}}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم Fe}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{200 \times \frac{4/9}{100}}{98 \times 2} = \frac{x\ g\ Fe}{56 \times 1} \Rightarrow x = 2/8\ g\ Fe$$

۱۷ ۲ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$3CaCl_2(aq) + 2Na_3PO_4(s) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s) + 6NaCl(aq)$$

حال، جرم کلسیم کلرید موجود در ۲۰۰ گرم محلول ۲/۲۲ درصد جرمی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow 2/22 = \frac{\text{جرم } CaCl_2}{200g} \times 100 \Rightarrow \text{جرم } CaCl_2 = 4/44\ g$$

جرم یون کلرید در پایان واکنش برابر است با:

$$?\,g\ Cl^- = 4/44g\ CaCl_2 \times \frac{1mol\ CaCl_2}{111g\ CaCl_2} \times \frac{6mol\ NaCl}{3mol\ CaCl_2} \times \frac{1mol\ Cl^-}{1mol\ NaCl} \times \frac{35/5g\ Cl^-}{1mol\ Cl^-} = 2/84g\ Cl^-$$

در آخر غلظت یون کلرید را در محلول نهایی براساس ppm محاسبه می‌کنیم:

$$ppm = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 \Rightarrow ppm = \frac{2/84g}{(1800+200)g} \times 10^6 = 1420$$

۱۸ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

$$Ba(OH)_2(aq) + 2HCl(aq) \rightarrow BaCl_2(aq) + 2H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\ HCl = 200mL\ \text{محلول} \times \frac{1g\ \text{محلول}}{1mL\ \text{محلول}} \times \frac{21375g\ Ba(OH)_2}{10^6 g\ \text{محلول}} \times \frac{1mol\ Ba(OH)_2}{171g\ Ba(OH)_2} \times \frac{2mol\ HCl}{1mol\ Ba(OH)_2} \times \frac{1000mL\ HCl\ \text{محلول}}{0/4mol\ HCl}$$

$$= 125mL\ HCl\ \text{محلول}$$

روش دوم (کسر تناسب): با توجه به این‌که چگالی محلول برابر چگالی آب ($1g.mol^{-1}$) است؛ بنابراین جرم محلول $Ba(OH)_2$ برابر 200 g است؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم محلول} \times ppm}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی} \times 10^6} = \frac{\text{حجم} \times \text{مولاریته}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{200 \times 21375}{171 \times 1 \times 10^6} = \frac{V\ L\ HCl\ \text{محلول} \times 0/4}{2} \Rightarrow V = 0/125L\ HCl\ \text{محلول} = 125mL\ HCl\ \text{محلول}$$

۱۹ ۱ **قسمت اول:** در این محلول ۱۰ ذره نمایش داده شده است؛ بنابراین مقدار سدیم هیدروکسید موجود در این محلول برابر $0/2mol$ ($10 \times 0/02$) بوده و غلظت مولار این محلول برابر است با:

$$\text{مولاریته} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{0/2mol}{50 \times 10^{-3} L} = 4mol.L^{-1}$$

قسمت دوم: سدیم هیدروکسید طبق معادلهٔ زیر با سولفوریک اسید واکنش می‌دهد:

$$2NaOH(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ H_2SO_4 = 15 \times 10^{-3} L\ NaOH\ \text{محلول} \times \frac{4mol\ NaOH}{1L\ NaOH\ \text{محلول}} \times \frac{1mol\ H_2SO_4}{2mol\ NaOH} \times \frac{98g\ H_2SO_4}{1mol\ H_2SO_4} = 2/94g\ H_2SO_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم محلول} \times \text{غلظت مولی}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } H_2SO_4}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{4 \times (15 \times 10^{-3})}{2} = \frac{x\ g\ H_2SO_4}{1 \times 98} \Rightarrow x = 2/94g\ H_2SO_4$$

۲۰ ۳ ابتدا موازنه را با عنصر Na شروع کرده و با عنصر Cl ادامه می‌دهیم:

$$2NaCl + MnO_2 + H_2SO_4 \rightarrow 2NaHSO_4 + MnSO_4 + H_2O + 1Cl_2$$

سپس به جای ضرایب مجهول، حروف a، b، c و d قرار داده و با روش تشکیل معادله، آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$2NaCl + a\,MnO_2 + b\,H_2SO_4 \rightarrow 2NaHSO_4 + c\,MnSO_4 + d\,H_2O + 1Cl_2$$

$$\begin{cases} Mn: a=c \\ O: ۲a+۴b=۸+۴c+d \\ H: ۲b=۲+۲d \\ S: b=۲+c \end{cases} \Rightarrow a=c=۱, b=۳, d=۲$$

با قرار دادن ضرایب، به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش می‌رسیم: $۲NaCl+۱MnO_۲+۳H_۲SO_۴ \rightarrow ۲NaHSO_۴+۱MnSO_۴+۲H_۲O+۱Cl_۲$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,MnSO_۴(\text{نظری})=۱۵۰mL\,\text{محلول}\times\frac{۴mol\,H_۲SO_۴}{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}\times\frac{۱mol\,MnSO_۴}{۳mol\,H_۲SO_۴}\times\frac{۱۵۱g\,MnSO_۴}{۱mol\,MnSO_۴}=۳۰/۲g\,MnSO_۴(\text{نظری})$$

مقدار نظری $MnSO_۴$ تولید شده برابر $۳۰/۲g$ است؛ پس بازده واکنش برابر است با:

$$\text{بازده واکنش }(R)=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times۱۰۰=\frac{۲۲/۶۵g}{۳۰/۲g}\times۱۰۰=٪۷۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{H_۲SO_۴\,\text{حجم محلول}\times\text{غلظت مولی}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب}}=\frac{MnSO_۴\,\text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۰/۱۵\times۴\times\frac{R}{۱۰۰}}{۳}=\frac{۲۲/۶۵}{۱۵۱\times۱}\Rightarrow R=٪۷۵$$

۲۱ | ۱ **قسمت اول:** ابتدا جرم $NaOH$ موجود در محلول آغازین را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,NaOH=۵۰۰mL\,\text{محلول}\times\frac{۱/۲g\,\text{محلول}}{۱mL\,\text{محلول}}\times\frac{۲۰g\,NaOH}{۱۰۰g\,\text{محلول}}=۱۲۰\,gNaOH$$

سپس غلظت $NaOH$ را پس از اضافه نمودن $۵۰۰g$ آب به محلول آغازین برحسب درصد جرمی محاسبه می‌کنیم:

$$٪\frac{w}{w}=\frac{NaOH\,\text{جرم}}{\text{جرم محلول}}\times۱۰۰=\frac{۱۲۰g\,NaOH}{(۵۰۰mL\times\frac{۱/۲g}{۱mL})+۵۰۰g}\times۱۰۰\simeq٪۱۰/۹$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $۲NaOH(aq)+FeCl_۲(aq)\rightarrow Fe(OH)_۲(s)+۲NaCl(aq)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,FeCl_۲=۱۰mL\,NaOH\,\text{محلول}\times\frac{۱/۲g\,NaOH\,\text{محلول}}{۱mL\,NaOH\,\text{محلول}}\times\frac{۲۰g\,NaOH}{۱۰۰g\,NaOH\,\text{محلول}}\times\frac{۱mol\,NaOH}{۴۰g\,NaOH}\times\frac{۱mol\,FeCl_۲}{۲mol\,NaOH}\times\frac{۱۲۷g\,FeCl_۲}{۱mol\,FeCl_۲}=۳/۸۱g\,FeCl_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{NaOH\,\text{محلول}\times\text{حجم}\times\frac{\text{درصد جرمی}}{۱۰۰}\times\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{FeCl_۲\,\text{جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱۰\times۱/۲\times\frac{۲۰}{۱۰۰}}{۲\times۴۰}=\frac{x\,g\,FeCl_۲}{۱\times۱۲۷}\Rightarrow x=۳/۸۱g\,FeCl_۲$$

۲۲ | ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $۲HNO_۳(aq)+Zn(OH)_۲(s)\rightarrow Zn(NO_۳)_۲(aq)+۲H_۲O(l)$

ابتدا براساس واکنش انجام‌شده، غلظت مولی محلول نیتریک اسید رقیق را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,HNO_۳=۰/۰۰۲mol\,Zn(OH)_۲\times\frac{۲mol\,HNO_۳}{۱mol\,Zn(OH)_۲}=۴\times۱۰^{-۳}\,mol\,HNO_۳$$

$$\text{غلظت مولی محلول نیتریک اسید رقیق}=\frac{۴\times۱۰^{-۳}mol}{۱۰\times۱۰^{-۳}L}=۰/۴\,mol.L^{-۱}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{Zn(OH)_۲\,\text{مول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱۰\times۱۰^{-۳}\times M}{۲}=\frac{۰/۰۰۲\,mol}{۱}\Rightarrow M=۰/۴\,mol.L^{-۱}\Rightarrow\text{مولاریتهٔ }HNO_۳\text{ رقیق}=۰/۴mol.L^{-۱}$$

اکنون با توجه به مولاریتهٔ $HNO_۳$ رقیق‌شده و رابطهٔ رقیق‌سازی، می‌توان مولاریتهٔ محلول غلیظ اولیه را محاسبه نمود:

$$M_{\text{رقیق}}\times V_{\text{رقیق}}=M_{\text{غلیظ}}\times V_{\text{غلیظ}}\Rightarrow۰/۴\times۲۵۰=M_{\text{غلیظ}}\times۴۰\Rightarrow M_{\text{غلیظ}}=۲/۵\,mol.L^{-۱}$$

۲۳ | ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن کامل نفتالن $(C_{۱۰}H_۸)$ به صورت مقابل است: $C_{۱۰}H_۸(s)+۱۲O_۲(g)\rightarrow ۱۰CO_۲(g)+۴H_۲O(g)$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,O_۲=۶/۴g\,C_{۱۰}H_۸\times\frac{۱mol\,C_{۱۰}H_۸}{۱۲۸g\,C_{۱۰}H_۸}\times\frac{۱۲mol\,O_۲}{۱mol\,C_{۱۰}H_۸}\times\frac{۲۲/۴L\,O_۲}{۱mol\,O_۲}=۱۳/۴۴L\,O_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C_{۱۰}H_۸\,\text{جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{O_۲\,\text{حجم}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۶/۴}{۱\times۱۲۸}=\frac{x\,L\,O_۲}{۱۲\times۲۲/۴}\Rightarrow x=۱۳/۴۴L\,O_۲$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تجزیهٔ هیدروژن پراکسید به صورت مقابل است: $۲H_۲O_۲(aq)\rightarrow ۲H_۲O(l)+O_۲(g)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O_2\ \text{محلول}=13/44\,L\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{22/4\,L\,O_2}\times\frac{2\,mol\,H_2O_2}{1\,mol\,O_2}\times\frac{34\,g\,H_2O_2}{1\,mol\,H_2O_2}\times\frac{100\,g\ \text{محلول}}{50\,g\,H_2O_2}=81/6\,g\ \text{محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{درصد جرمی}\times\text{جرم محلول}\ H_2O_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم گاز}\ O_2}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,g\,H_2O_2\ \text{محلول}\times\frac{50}{100}}{2\times34}=\frac{13/44}{1\times22/4}\Rightarrow x=81/6\,g\,H_2O_2\ \text{محلول}$$

۲۴ **۴** برای حل سؤال، ابتدا باید معادلهٔ واکنش‌های داده شده را موازنه نمود. برای موازنهٔ واکنش اول، ابتدا به $KMnO_4$ ضریب ۱ داده و سپس برای موازنهٔ اتم O به مادهٔ H_2O ضریب ۴ می‌دهیم. در ادامه برای موازنهٔ دیگر مواد به HCl ضریب ۸، به KCl و $MnCl_2$ ضریب ۱ و به Cl_2 ضریب $\frac{5}{2}$ می‌دهیم. در پایان نیز برای از بین بردن ضریب کسری $\frac{5}{2}$، تمامی ضرایب را در ۲ ضرب می‌کنیم. برای موازنهٔ واکنش دوم نیز به سادگی به مادهٔ Cl_2 و I_2 ضریب ۱ داده و ضریب KI و KCl برابر ۲ می‌شود. معادلهٔ موازنه شدهٔ این دو واکنش به‌صورت زیر است:

$$2KMnO_4(s)+16HCl(aq)\rightarrow2KCl(aq)+2MnCl_2(aq)+5Cl_2(g)+8H_2O(l)$$

$$2KI(aq)+Cl_2(g)\rightarrow2KCl(aq)+I_2(s)$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\,HCl\ \text{محلول}=79\,g\,KMnO_4\ \text{ناخالص}\times\frac{80\,g\,KMnO_4\ \text{خالص}}{100\,g\,KMnO_4\ \text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,KMnO_4}{158\,g\,KMnO_4}\times\frac{16\,mol\,HCl}{2\,mol\,KMnO_4}\times\frac{1\,L\ HCl\ \text{محلول}}{2\,mol\,HCl}\times\frac{1000\,mL\ HCl\ \text{محلول}}{1\,L\ HCl\ \text{محلول}}$$

$$=1600\,mL\ HCl\ \text{محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}\ KMnO_4\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}\ HCl}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{79\times\frac{80}{100}}{2\times158}=\frac{x\,L\ \text{محلول}\times2}{16}\Rightarrow x=1/6\,L=1600\,mL\ HCl\ \text{محلول}$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,I_2=79\,g\,KMnO_4\ \text{ناخالص}\times\frac{80\,g\,KMnO_4\ \text{خالص}}{100\,g\,KMnO_4\ \text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,KMnO_4}{158\,g\,KMnO_4}\times\frac{5\,mol\,Cl_2}{2\,mol\,KMnO_4}\times\frac{1\,mol\,I_2}{1\,molCl_2}\times\frac{254\,g\,I_2}{1\,mol\,I_2}\times\underbrace{\frac{85}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=215/9\,g\,I_2$$

روش دوم (تناسب): ابتدا برای یکسان شدن ضرایب Cl_2 در هر دو واکنش، واکنش دوم را در ۵ ضرب می‌کنیم، پس خواهیم داشت: $2\,mol\,KMnO_4\sim5\,mol\,I_2$

$$\frac{\text{جرم}\ KMnO_4\ \text{مصرفی}\times\frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\ I_2\ \text{تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{79\times\frac{80}{100}\times\frac{85}{100}}{2\times158}=\frac{y\,g\,I_2}{5\times254}\Rightarrow y=215/9\,g\,I_2$$

۲۵ **۲** معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به‌صورت مقابل است: $C_6H_{12}O_6(aq)+6O_2(g)\rightarrow6CO_2(g)+6H_2O(l)$

ابتدا مولاریتهٔ محلول آغازی و پایانی را محاسبه می‌کنیم. فرض می‌کنیم که در محلول آغازی، n مول گلوکز وجود دارد؛ بنابراین غلظت آغازی گلوکز برابر با $\frac{n}{0/081}$ مول بر لیتر است.

$$\text{مولاریته}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{n}{0/081}\,mol.L^{-1}$$

حال باید تعداد مول گلوکز مصرف‌شده را محاسبه کنیم. علاوه بر این، در این واکنش آب نیز تولید می‌شود و به حجم محلول، باید حجم آب تولید شده را نیز اضافه کرد:

$$?\,mol\,C_6H_{12}O_6=1/5\,mol\,O_2\times\frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_6}{6\,mol\,O_2}=0/25\,mol\,C_6H_{12}O_6$$

$$?\,mL\,H_2O=1/5\,mol\,O_2\times\frac{6\,mol\,H_2O}{6\,mol\,O_2}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}\times\frac{1\,mL\,H_2O}{1\,g\,H_2O}=27\,mL\,H_2O$$

پس غلظت گلوکز در محلول پایانی برابر است با: $\text{مولاریته}=\frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{\text{مول مصرفی گلوکز}-\text{مول آغازی گلوکز}}{\text{حجم آب اضافه‌شده}+\text{حجم ابتدایی محلول}}=\frac{n-0/25}{0/081+0/027}=\frac{n-0/25}{0/108}\,mol.L^{-1}$

اکنون نسبت غلظت آغازی به پایانی را برابر ۶/۵ قرار داده و n را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{غلظت آغازی}}{\text{غلظت پایانی}}=6/5\Rightarrow\frac{\frac{n}{0/081}}{\frac{n-0/25}{0/108}}=6/5\Rightarrow n\simeq0/3145\ (\text{مقدار مول آغازی گلوکز})$$

اکنون درصد جرمی گلوکز مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی گلوکز مصرفی}=\frac{\text{جرم گلوکز مصرفی}}{\text{جرم گلوکز آغازی}}\times ۱۰۰=\frac{\text{جرم مولی گلوکز}\times\text{مول گلوکز مصرفی}}{\text{جرم مولی گلوکز}\times\text{مول گلوکز آغازی}}\times ۱۰۰=\frac{۰/۲۵}{۰/۳۱۴۵}\times ۱۰\simeq ٪۷۹/۵$$

۲۶ | ۱ برای به‌دست آوردن معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک، ابتدا باید انحلال‌پذیری آن در دماهای $۷۵^\circ C$ و $۰^\circ C$ را به‌دست آوریم:

انحلال‌پذیری در دمای $۷۵^\circ C$: در $۷۵g$ محلول سیرشدهٔ آن در دمای $۷۵^\circ C$، ۲۵ گرم نمک و ۵۰ گرم آب وجود دارد؛ پس:

$$\text{انحلال‌پذیری نمک در دمای } ۷۵^\circ C=۱۰۰g\ \text{آب}\times\frac{\text{۲۵g نمک}}{\text{۵۰g آب}}=۵۰g\ \text{نمک}$$

انحلال‌پذیری در دمای $۰^\circ C$: در ۵۰ گرم محلول سیرشدهٔ نمک در دمای $۰^\circ C$، ۱۳/۵ گرم نمک و ۳۶/۵ گرم آب وجود دارد؛ پس:

$$\text{انحلال‌پذیری در دمای } ۰^\circ C=۱۰۰g\ \text{آب}\times\frac{\text{۱۳/۵g نمک}}{\text{۳۶/۵g آب}}\simeq ۳۷g\ \text{نمک}$$

اکنون ضریب θ را که همان شیب معادلهٔ انحلال‌پذیری است به‌دست می‌آوریم:

$$\text{(شیب معادلهٔ انحلال‌پذیری)}\ a=\frac{S_۲-S_۱}{\theta_۲-\theta_۱}=\frac{۵۰-۳۷}{۷۵-۰}\simeq ۰/۱۷$$

۲۷ | ۱ **قسمت اول:** ابتدا به کمک معادلهٔ انحلال‌پذیری داده شده، انحلال‌پذیری این ترکیب در دمای $۳۰^\circ C$ را به‌دست می‌آوریم:

$$S=۰/۸\theta+۷۲\xrightarrow{\theta=۳۰^\circ C}S=(۰/۸\times ۳۰)+۷۲=۹۶g$$

بنابراین در دمای $۳۰^\circ C$، در هر $۱۰۰g$ آب، $۹۶g$ از این ترکیب حل می‌شود؛ حال محاسبه می‌کنیم که در این دما، حداکثر چند گرم از این ترکیب در $۲۵۰g$ آب حل می‌شود:

$$\text{جرم ترکیب حل‌شده در } ۲۵۰g\ \text{آب}=۲۵۰g\ \text{آب}\times\frac{\text{ترکیب }۹۶g}{\text{۱۰۰g آب}}=۲۴۰g\ \text{ترکیب}$$

در نتیجه $۸۴g$ $(۳۲۴-۲۴۰)$ از این ترکیب رسوب خواهد کرد.

قسمت دوم: برای آن‌که در اثر حل‌کردن $۸۴g$ از این نمک در $۱۰۰g$ آب، محلولی سیرنشده به‌دست آید، باید دمایی را به‌دست آوریم که در آن انحلال‌پذیری این ترکیب بیشتر از $۸۴g$ باشد؛ بنابراین:

$$S\ (\text{انحلال‌پذیری})>۸۴g\Rightarrow ۰/۸\theta+۷۲>۸۴\Rightarrow ۰/۸\theta>۱۲\Rightarrow\theta>۱۵^\circ C$$

بنابراین در دماهای بیشتر از ۱۵ درجهٔ سلسیوس، محلول این نمک سیرنشده خواهد بود.

۲۸ | ۲ هر چه شیب نمودار انحلال‌پذیری برحسب دما برای یک نمک بیشتر باشد، تأثیر دما بر انحلال‌پذیری آن نمک بیشتر است و برعکس. پس میزان انحلال‌پذیری نمکی که نمودار انحلال‌پذیری آن بیشترین شیب را دارد، بیشترین وابستگی را به تغییرات دما دارد و نمکی که نمودار انحلال‌پذیری آن کمترین شیب را دارد، کمترین وابستگی را به تغییرات دما دارد؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\left.\begin{array}{l}\text{در دمای } ۳۰^\circ C\begin{cases}(۱)\ \text{انحلال‌پذیری نمک}=۴۲g\\(۲)\ \text{انحلال‌پذیری نمک}=۳۵g\end{cases}\Rightarrow a=۴۲-۳۵=۷g\\ \text{در دمای } ۵۵^\circ C\begin{cases}(۱)\ \text{انحلال‌پذیری نمک}=۱۰۰g\\(۲)\ \text{انحلال‌پذیری نمک}=۳۸g\end{cases}\Rightarrow b=۱۰۰-۳۸=۶۲g\end{array}\right\}\Rightarrow b-a=۶۲-۷=۵۵g$$

۲۹ | ۳ موارد دوم و سوم درست هستند. **بررسی موارد:** مورد اول:

$$S=-۰/۲\theta+۳۵\xrightarrow{\theta=۶۰^\circ C}S(۶۰^\circ C)=-۰/۲(۶۰)+۳۵=۲۳\ \frac{g}{۱۰۰g\ H_۲O}$$

مورد دوم: ابتدا انحلال‌پذیری نمک را در دمای $۵۰^\circ C$ محاسبه می‌کنیم:

$$S(۵۰^\circ C)=-۰/۲(۵۰)+۳۵=۲۵\ \frac{g}{۱۰۰g\ H_۲O}$$

سپس در صورتی که جرم آب ۱۰۰ گرم باشد، درصد جرمی محلول سیرشدهٔ نمک را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی نمک}=\frac{\text{جرم نمک}}{\text{جرم نمک}+\text{جرم آب}}\times ۱۰۰=\frac{۲۵}{۱۰۰+۲۵}\times ۱۰۰=٪۲۰$$

مورد سوم: با توجه به اینکه شیب در معادلهٔ انحلال‌پذیری $S=-۰/۲\theta+۳۵$، منفی است، پس روند تغییر انحلال‌پذیری نمک مورد نظر با دما، همانند لیتیم سولفات $(Li_۲SO_۴)$ است و با افزایش دما، انحلال‌پذیری نمک در آب کاهش می‌یابد. مورد چهارم: با توجه به منفی بودن شیب نمودار انحلال‌پذیری نمک، با کاهش دمای محلول، انحلال‌پذیری نمک افزایش می‌یابد و نه تنها نمک رسوب نمی‌کند، بلکه این محلول می‌تواند میزان بیشتری از نمک را در خود حل کند.

۳۰ | ۱ **قسمت اول:** با توجه به درصد جرمی محلول سیرشده از این نمک داریم:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم نمک}}{\text{جرم آب}+\text{جرم نمک}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۲۰=\frac{x}{(۲۰۰+x)}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۵۰\ g$$

قسمت دوم: رابطهٔ میان انحلال‌پذیری یک نمک S با درصد جرمی محلول سیرشده از آن، به‌صورت زیر است:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{S}{(۱۰۰+S)}\times ۱۰۰\Rightarrow ۲۰=\frac{S}{۱۰۰+S}\times ۱۰۰\Rightarrow S=۲۵g/۱۰۰g\ H_۲O$$

۳۱ **۲** باید انحلال‌پذیری KNO_3 را در دماهای $a^\circ C$ و $b^\circ C$ به‌دست آوریم:

$$\text{درصد جرمی: دمای a}=\frac{\text{جرم } KNO_3}{\text{جرم } KNO_3+\text{جرم آب}}\times 100 \Rightarrow 37/5=\frac{x}{100+x}\times 100 \Rightarrow x=60g\ KNO_3$$

$$\text{درصد جرمی: دمای b}=\frac{\text{جرم } KNO_3}{\text{جرم } KNO_3+\text{جرم آب}}\times 100 \Rightarrow 16/7=\frac{y}{100+y}\times 100 \Rightarrow y=20g\ KNO_3$$

با توجه به نمودار در دمای $40^\circ C$ (دمای a) انحلال‌پذیری KNO_3 برابر با ۶۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب و در دمای $10^\circ C$ (دمای b) برابر ۲۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.

$$a-b=40^\circ C-10^\circ C=30^\circ C$$

۳۲ **۳** ابتدا معادلهٔ انحلال‌پذیری سدیم نیترات برحسب دما را به‌دست می‌آوریم؛ بنابراین با توجه به جدول، شیب، عرض از مبدأ و در نتیجه معادلهٔ انحلال‌پذیری ترکیب $NaNO_3$ برابر است با:

$$\left.\begin{matrix}(S_2)\ 10^\circ C\ \text{در دمای انحلال‌پذیری}=80g\\ (S_1)\ 0^\circ C\ \text{در دمای انحلال‌پذیری}=72g\end{matrix}\right\}\Rightarrow \text{شیب}=\frac{S_2-S_1}{\theta_2-\theta_1}=\frac{80g-72g}{10-0}=0/8\ ,\quad \text{عرض از مبدأ}=0^\circ C\ \text{در دمای انحلال‌پذیری}=72$$

بنابراین معادلهٔ انحلال‌پذیری $NaNO_3$ به‌صورت $S=0/8\theta+72$ است. انحلال‌پذیری این نمک در دمای $10^\circ C$ و $20^\circ C$ برابر است با:

$$\left.\begin{matrix}\theta=10^\circ C \Rightarrow S=0/8\theta+72=0/8\times 10+72=80g \Rightarrow \text{جرم محلول سیرشده}=100g+80g=180g\\ \theta=20^\circ C \Rightarrow S=0/8\theta+72=0/8\times 20+72=88g \Rightarrow \text{جرم محلول سیرشده}=100g+88g=188g\end{matrix}\right\}\Rightarrow \text{جرم رسوب}=8g$$

با کاهش دمای ۹۰۰ گرم محلول، ۳۸ گرم رسوب ایجاد می‌شود:

رسوب (g) محلول (g)

$$\begin{array}{c|c}188 & 8\\ \hline 900 & x\end{array}\Rightarrow x\simeq 38g$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): انحلال‌پذیری نمک در دمای $35^\circ C$ برابر است با:

$$S=0/8\theta+72=0/8\times 35+72=100\ g$$

درصد جرمی محلول سیرشده در دمای $35^\circ C$ برابر است با:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم حل‌شونده+جرم حلال}}\times 100=\frac{100g\ NaNO_3}{\text{محلول }(100+100)g}\times 100=\%50$$

گزینهٔ (۲): انحلال‌پذیری این نمک در دمای $97/5^\circ C$ برابر است با:

$$S=0/8\theta+72=0/8\times 97/5+72=150\ g$$

نسبت جرم نمک در محلول سیرشده (۱۵۰ g) به جرم حلال (۱۰۰ g) برابر ۱/۵ است. گزینهٔ (۴): انحلال‌پذیری $NaNO_3$ در دمای $10^\circ C$، ۸۰ گرم است؛ یعنی برای تهیهٔ ۱۸۰ گرم از محلول سیرشدهٔ $NaNO_3$ در این دما، به ۱۰۰ گرم حلال (آب مقطر) نیاز داریم؛ بنابراین:

$$\begin{bmatrix}180\ (\text{g محلول}) & 100\ (\text{g آب مقطر})\\ 225\ (\text{g محلول}) & x\ (\text{g آب مقطر})\end{bmatrix}\Rightarrow x=125\ g\ \text{آب مقطر}$$

۳۳ **۳** عبارت‌های اول، سوم و چهارم نادرست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: چون نقطهٔ A زیر نمودار مربوط به انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات و سدیم نیترات است، پس می‌توان گفت محلول این دو نمک در نقطهٔ مورد نظر سیرنشده است. عبارت دوم: با توجه به نمودار انحلال‌پذیری برحسب دمای داده شده در صورت تست، در دمای $90^\circ C$، انحلال‌پذیری KCl برابر ۵۵ گرم و انحلال‌پذیری NaCl برابر ۴۰ گرم بوده و تفاوت آن‌ها برابر ۱۵ (۴۰−۵۵) است. عبارت سوم: با توجه به نمودار انحلال‌پذیری برحسب دمای داده شده در صورت تست، در دمای $25^\circ C$، انحلال‌پذیری KNO_3 و KCl به‌تقریب برابر با ۳۸ و ۳۲ گرم است که مجموع آن برابر ۷۰ گرم می‌باشد. در این دما انحلال‌پذیری $NaNO_3$ تقریباً برابر ۹۲ گرم است. عبارت چهارم: نمودار انحلال‌پذیری لیتیم سولفات، نزولی بوده و شیب منفی دارد؛ از این‌رو ضریب θ باید عددی منفی باشد.

۳۴ **۲** عبارت‌های اول و سوم درست هستند. با توجه به اینکه انحلال‌پذیری سدیم کلرید در این شرایط برابر ۳۶ گرم در ۱۰۰ گرم آب است، پس در یک کیلوگرم آب که ۱۰۰۰ گرم جرم دارد، ۳۶۰ گرم سدیم کلرید حل می‌شود؛ بنابراین اگر ۴۱۶ گرم سدیم کلرید را در یک کیلوگرم آب بریزیم، مقداری از این نمک رسوب می‌کند. پس برای دست‌یابی به یک مخلوط همگن، یا باید مقداری آب به محلول اضافه کنیم و یا مقداری از نمک را خارج کنیم؛ بنابراین عبارت‌های دوم و چهارم بدون انجام محاسبات نادرست هستند. بررسی عبارت اول: محاسبه می‌کنیم که در صورت اضافه کردن ٪۱۵/۵ مقدار حلال اولیه به محلول، در محلول حاصل در ۱۰۰ گرم حلال چند گرم سدیم کلرید وجود دارد:

$$\text{مقدار آب اضافه شده}=1000\times\frac{15/5}{100}=155g\ \text{آب}$$

$$\text{جرم نمک به‌ازای ۱۰۰ گرم آب در محلول جدید}=100g\ \text{آب}\times\frac{416g\ \text{نمک}}{(1000+155)g\ \text{آب}}\simeq 36g$$

بنابراین با این اقدام، مخلوط سیرشدهٔ همگن ایجاد می‌شود. بررسی عبارت سوم:

$$\text{مقدار نمک خارج شده}=۴۱۶\times\frac{۱۳/۵}{۱۰۰}\simeq ۵۶g$$

$$\text{جرم نمک به‌ازای ۱۰۰ گرم آب در محلول جدید}=۱۰۰g\ \text{آب}\times\frac{(۴۱۶-۵۶)g\ \text{نمک}}{۱۰۰۰g\ \text{آب}}\simeq ۳۶g\ \text{نمک}$$

بنابراین با این اقدام، مخلوط سیرشدهٔ همگن ایجاد می‌شود.

۳۵ ۲ ابتدا باید معادلهٔ انحلال‌پذیری نمک B را به‌دست آوریم:

$$S_A(۴۰^\circ C)=۷۳/۸g\Rightarrow S_B(۴۰^\circ C)=\frac{۷۳/۸}{۲/۴۶}=۳۰g$$

$$S_A(۰^\circ C)=۳۵g\Rightarrow S_B(۰^\circ C)=۳۵g$$

با توجه به اعداد به‌دست آمده، معادلهٔ انحلال‌پذیری نمک B به‌صورت $S=-\frac{۱}{۸}\theta+۳۵$ است. حال به محاسبهٔ غلظت مولی محلول سیرشدهٔ نمک‌های A و B در آب در دمای $۵۰^\circ C$ می‌پردازیم:

نمک A:

$$[A]=\frac{۸۳/۵g\ A\times\frac{۱mol\ A}{۳۳۰g\ A}}{۰/۱L\ \text{محلول}}=۲/۵۳mol.L^{-۱}$$

$$S_A(۵۰^\circ C)=۰/۹۷(۵۰)+۳۵=۸۳/۵\frac{g\ A}{۱۰۰g\ H_۲O}$$

نمک B:

$$[B]=\frac{۲۸/۷۵g\ B\times\frac{۱mol\ B}{۱۱۰g\ B}}{۰/۱L\ \text{محلول}}=۲/۶۱mol.L^{-۱}$$

$$S_B(۵۰^\circ C)=-\frac{۱}{۸}(۵۰)+۳۵=۲۸/۷۵\frac{g\ B}{۱۰۰g\ H_۲O}$$

اکنون نسبت غلظت مولی محلول‌های سیرشده را در دمای $۵۰^\circ C$ محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{[B]}{[A]}=\frac{۲/۶۱}{۲/۵۳}\simeq ۱/۰۳$$

۳۶ ۲ ابتدا جرم نمک حل‌شده و آب موجود در ۲۵۰g محلول سیرشده را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\ \text{نمک}=۲۵۰g\ \text{محلول}\times\frac{۱mL\ \text{محلول}}{۱g\ \text{محلول}}\times\frac{۱L\ \text{محلول}}{۱۰^۳mL\ \text{محلول}}\times\frac{۲mol\ \text{نمک}}{۱L\ \text{محلول}}\times\frac{۱۱۰g\ \text{نمک}}{۱mol\ \text{نمک}}=۵۵g\ \text{نمک}$$

$$\text{جرم آب}=\text{جرم محلول}-\text{جرم نمک}=۲۵۰-۵۵=۱۹۵g\ \text{آب}$$

با توجه به توضیحات سؤال، با تغییر دما به میزان $۶۰^\circ C$، انحلال‌پذیری به میزان ۱۰g تغییر می‌کند، پس برای ۱۹۵g آب با این میزان تغییر دما، میزان تولید رسوب حدود ۲۰g است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\text{میزان تغییر دما}=۵/۵g\ \text{رسوب}\times\frac{\text{تغییر دما}\ ۶۰^\circ C}{۲۰g\ \text{رسوب}}\simeq\text{تغییر دما}\ ۱۷^\circ C$$

۳۷ ۱ انحلال‌پذیری گاز اکسیژن در آب دریا کمتر از آب آشامیدنی است؛ بنابراین نمودار پایین، مربوط به آب دریا و نمودار بالا مربوط به آب آشامیدنی است. ۱۰۰ گرم آب دریا معادل ۰/۱ کیلوگرم از محلول است؛ پس داریم:

$$ppm=\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{کیلوگرم محلول}}\Rightarrow ۵=\frac{x\ mg\ O_۲}{۰/۱kg\ \text{محلول}}\Rightarrow x=۰/۵mg\ O_۲$$

با بررسی نمودار آب دریا (نمودار پایین) و نقطه‌یابی مشخص می‌شود. در دمای $۴۵^\circ C$، ۰/۵ میلی‌گرم $O_۲$ در ۱۰۰ گرم آب دریا حل می‌شود.

۳۸ ۳ با توجه به انحلال‌پذیری $O_۲$ در دماهای $۱۰^\circ C$ و $۴۵^\circ C$، اگر دمای ۱۰۰ گرم آب از $۱۰^\circ C$ به $۴۵^\circ C$ برسد، ۰/۶mg (۱/۲−۰/۶) گاز $O_۲$ آزاد می‌شود. بنابراین داریم:

$$?L\ H_۲O=۶۰\times۱۰^{-۳}L\ O_۲\times\frac{۰/۹g\ O_۲}{۱L\ O_۲}\times\frac{۱۰^۳mg\ O_۲}{۱g\ O_۲}\times\frac{۱۰۰g\ H_۲O}{۰/۶mg\ O_۲}\times\frac{۱mL\ H_۲O}{۱g\ H_۲O}\times\frac{۱۰^{-۳}L\ H_۲O}{۱mL\ H_۲O}=۹L\ H_۲O$$

۳۹ ۲ معادلهٔ انحلال‌پذیری $O_۲$ و $N_۲$ برحسب فشار را تعیین می‌کنیم:

$$N_۲\begin{cases}a=\frac{S_۱-S_۰}{P_۱-P_۰}=\frac{۰/۰۱۵-۰}{۲/۲۵-۰}=\frac{۰/۰۱۵}{۲/۲۵}\\ S=aP+b\xrightarrow{b=۰}S_{N_۲}=\frac{۰/۰۱۵}{۲/۲۵}P\end{cases}$$

$$O_۲\begin{cases}a=\frac{S_۱-S_۰}{P_۱-P_۰}=\frac{۰/۰۱۰-۰}{۲/۲۵-۰}=\frac{۰/۰۱}{۲/۲۵}\\ S=aP+b\xrightarrow{b=۰}S_{O_۲}=\frac{۰/۰۱}{۲/۲۵}P\end{cases}$$

قسمت اول: با توجه به رقیق بودن محلول سیر شدهٔ $O_۲$ و چگالی آن که برابر $۱g.mL^{-۱}$ است؛ خواهیم داشت:

$$S_{O_۲}=\frac{۰/۰۱}{۲/۲۵}P\xrightarrow{S_{O_۲}=۰/۰۳۲}۰/۰۳۲=\frac{۰/۰۱}{۲/۲۵}P\Rightarrow P=۷/۲atm$$

$$O_۲\ \text{انحلال‌پذیری}=۱۰۰g\ \text{حلال}\times\frac{۰/۰۱mol\ O_۲}{۱۰^۳g\ \text{حلال}}\times\frac{۳۲g\ O_۲}{۱mol\ O_۲}=۰/۰۳۲\frac{g\ O_۲}{۱۰۰g\ \text{حلال}},$$

قسمت دوم: در این قسمت محاسبه می‌کنیم که در چه فشاری انحلال‌پذیری NO برابر ۰/۰۳۲ گرم است:

$$S_{NO}=\frac{۰/۰۱۵}{۲/۲۵}P\xrightarrow{S_{NO}=۰/۰۳۲}۰/۰۳۲=\frac{۰/۰۱۵}{۲/۲۵}\times P\Rightarrow P=۴/۸atm$$

۴۰ ۱ با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری گاز N_2 در فشار $4/5\,atm$ برابر $0/01\,g$ در $100\,g$ حلال است. با توجه به این نکته که غلظت مولی گاز NO برابر $0/01\,mol.L^{-1}$ بوده است، انحلال‌پذیری آن را برحسب گرم به‌دست می‌آوریم.

با توجه به این نکته که انحلال گازها تأثیر چندانی بر چگالی مایعات نمی‌گذارد، چگالی این محلول را برابر چگالی آب $(1\,g.mL^{-1})$ در نظر می‌گیریم:

$$?\,g\,\frac{NO}{100\,g\,\text{حلال}}=100\,g\,\text{حلال}\times\frac{0/01\,mol\,NO}{1000\,g\,\text{حلال}}\times\frac{30\,g\,NO}{1\,mol\,NO}=0/03\,\frac{NO}{1000\,g\,\text{حلال}}$$

بنابراین انحلال‌پذیری NO در این فشار برابر $0/03\,g$ در $100\,g$ آب است. با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری گاز NO در فشار $4/5\,atm$ برابر $0/03\,g$ است.

بنابراین:

$$\frac{a+b}{2}=4/5\,atm\Rightarrow a+b=9\,atm$$

انحلال‌پذیری گاز O_2 در فشار $9\,atm$ برابر $0/04$ گرم در $100\,g$ آب است.

فصل سوم: آزمون جامع ۱

۱ ۴ **روش اول:** ابتدا جرم محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم محلول}=6L\,\text{محلول}\times\frac{10^3\,mL\,\text{محلول}}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{1\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}=6000\,g\,\text{محلول}$$

سپس جرمی از یون‌های Br^- که در این محلول وجود دارد را به‌دست می‌آوریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6\Rightarrow40=\frac{x(g)}{6000(g)}\times10^6\Rightarrow x=0/24\,g\,Br^-$$

از جرم یون‌های Br^-، جرم کلسیم برمید $(CaBr_2)$ مورد نیاز را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CaBr_2=0/24\,g\,Br^-\times\frac{1\,mol\,Br^-}{80\,g\,Br^-}\times\frac{1\,mol\,CaBr_2}{2\,mol\,Br^-}\times\frac{200\,g\,CaBr_2}{1\,mol\,CaBr_2}=0/3\,g\,CaBr_2$$

روش دوم: مراحل بالا را می‌توان به صورت خلاصه نوشت:

$$?\,g\,CaBr_2=6L\,\text{محلول}\times\frac{10^3\,mL\,\text{محلول}}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{1\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}\times\frac{40\,g\,Br^-}{10^6\,g\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Br^-}{80\,g\,Br^-}\times\frac{1\,mol\,CaBr_2}{2\,mol\,Br^-}\times\frac{200\,g\,CaBr_2}{1\,mol\,CaBr_2}=0/3\,g\,CaBr_2$$

۲ ۲ ابتدا جرم یون هیدروکسید حاصل از حل شدن سدیم هیدروکسید و پتاسیم هیدروکسید را به دست می‌آوریم:

$$?\,g\,OH^-=8\times10^{-3}\,g\,NaOH\times\frac{1\,mol\,NaOH}{40\,g\,NaOH}\times\frac{1\,mol\,OH^-}{1\,mol\,NaOH}\times\frac{17\,g\,OH^-}{1\,mol\,OH^-}=3/4\times10^{-3}\,g\,OH^-$$

$$?\,g\,OH^-=28\times10^{-3}\,g\,KOH\times\frac{1\,mol\,KOH}{56\,g\,KOH}\times\frac{1\,mol\,OH^-}{1\,mol\,KOH}\times\frac{17\,g\,OH^-}{1\,mol\,OH^-}=8/5\times10^{-3}\,g\,OH^-$$

سپس به کمک رابطهٔ ppm، جرم محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6\Rightarrow59/5=\frac{(3/4\times10^{-3})+(8/5\times10^{-3})}{x(g)}\times10^6\Rightarrow x=200\,g\,\text{محلول}$$

اکنون به کمک چگالی محلول، حجم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mL\,\text{محلول}=200\,g\,\text{محلول}\times\frac{1\,mL\,\text{محلول}}{1\,g\,\text{محلول}}=200\,mL\,\text{محلول}$$

۳ ۲ در هر واحد فرمولی از نمک پتاسیم سولفات (K_2SO_4)، ۲ یون K^+ و یک یون SO_4^{2-} وجود دارد. برای حل تست ابتدا جرم یون‌های پتاسیم را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,K_2SO_4=9/03\times10^{22}\,ion\times\frac{1\,mol\,ion}{6/02\times10^{23}\,ion}\times\frac{2\,mol\,K^+}{3\,mol\,ion}\times\frac{39\,g\,K^+}{1\,mol\,K^+}=3/9\,g\,K^+$$

سپس غلظت ppm این محلول نسبت به یون‌های K^+ را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6=\frac{3/9\,g}{78\times10^3\,g}\times10^6=50\,ppm$$

۴ ۲ ابتدا درصد جرمی محلول سدیم کلرید را محاسبه می‌کنیم. جرم محلول سدیم کلرید برابر است با:

$$?\,g\,\text{محلول}=50\,mL\,\text{محلول}\times\frac{1/2\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}=60\,g\,\text{محلول}$$

درصد جرمی محلول سدیم کلرید برابر است با:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times100\Rightarrow\text{درصد جرمی}=\frac{12\,g}{60\,g}\times100=\%20$$

سپس مقدار مول یون هیدروکسید موجود در ۲۵۰ گرم محلول سدیم هیدروکسید با درصد جرمی ٪۲۰ را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,NaOH=250\,g\,\text{محلول}\times\frac{20\,g\,NaOH}{100\,g\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,NaOH}{40\,g\,NaOH}\times\frac{1\,mol\,OH^-}{1\,mol\,NaOH}=1/25\,mol\,OH^-$$

۵ ۲ **قسمت اول:** ابتدا جرم لیتیم سولفات موجود در محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم: $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۱۲=\frac{x(g)}{۴۵۰g}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۵۴g$

سپس جرم لیتیم سولفات اضافه شده به محلول را محاسبه می‌کنیم: $?\,g\,Li_۲SO_۴=۰/۲mol\ Li_۲SO_۴\times\frac{۱۱۰g\ Li_۲SO_۴}{۱mol\ Li_۲SO_۴}=۲۲g\ Li_۲SO_۴$

اکنون درصد جرمی لیتیم سولفات در محلول جدید را به‌دست می‌آوریم: $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰=\frac{۵۴+۲۲}{۴۵۰+۲۲}\times ۱۰۰\simeq ٪۱۶/۱$

قسمت دوم: جرم آب لازم را m گرم در نظر می‌گیریم: $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۱۲=\frac{۵۴+۲۲}{۴۵۰+۲۲+m}\times ۱۰۰\Rightarrow m\simeq ۱۶۱/۳g$

۶ ۲ ابتدا جرم محلول ۲۰٪ جرمی کلسیم کلرید را محاسبه می‌کنیم: $?\,g\ \text{محلول}=۱۲۰mL\ \text{محلول}\times\frac{۱/۲۵g\ \text{محلول}}{۱mL\ \text{محلول}}=۱۵۰g\ \text{محلول}$

سپس جرم کلسیم کلرید موجود در این محلول را به‌دست می‌آوریم: $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۲۰=\frac{x(g)}{۱۵۰(g)}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۳۰g$

اگر جرم محلول اضافه شده را y گرم در نظر بگیریم، جرم کلسیم کلرید موجود در این محلول برابر است با:

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۵۰=\frac{z(g)}{y(g)}\times ۱۰۰\Rightarrow z=۰/۵y\,g$$

در اثر اضافه نمودن یک محلول غلیظ به یک محلول رقیق، درصد جرمی محلول رقیق افزایش می‌یابد، پس برای اینکه درصد جرمی محلول به ٪۲۵ (۲۰+۵) برسد، خواهیم داشت: $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۲۵=\frac{۳۰+۰/۵y}{۱۵۰+y}\times ۱۰۰\Rightarrow y=۳۰g\ \text{محلول}$

۷ ۳ گلوکومتر مقدار میلی‌گرم گلوکز را در دسی‌لیتر (۱۰۰ میلی‌لیتر) خون نشان می‌دهد.

$$?\,mg\ C_۶H_{۱۲}O_۶=۱dL\ \text{خون}\times\frac{۱۰^{-۱}L\ \text{خون}}{۱dL\ \text{خون}}\times\frac{۵\times۱۰^{-۳}mol\ C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱L\ \text{خون}}\times\frac{۱۸۰g\ C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱mol\ C_۶H_{۱۲}O_۶}\times\frac{۱۰^{۳}mg\ C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱g\ C_۶H_{۱۲}O_۶}=۹۰mg\ C_۶H_{۱۲}O_۶$$

پس گلوکومتر عدد ۹۰ را نشان می‌دهد.

۸ ۳ **قسمت اول:** ابتدا غلظت محلول را در مرحلهٔ رقیق‌سازی اولیه محاسبه می‌کنیم:

$$M_{\text{غلیظ}}\times V_{\text{غلیظ}}=M_{\text{رقیق}}\times V_{\text{رقیق}}\Rightarrow ۰/۲\times۱۵۰=M_{\text{رقیق}}\times۲۵۰\Rightarrow M_{\text{رقیق}}=۰/۱۲mol.L^{-۱}$$

حال غلظت محلول نهایی که حاصل اضافه کردن ۵۰ میلی‌لیتر محلول رقیق شده به ۷۰ میلی‌لیتر محلول اولیه است را پس از رساندن حجم محلول به ۲۰۰ میلی‌لیتر محاسبه می‌کنیم:

$$M_۱V_۱+M_۲V_۲=M_۳V_۳\Rightarrow ۰/۱۲\times۵۰+۰/۲\times۷۰=M_۳\times۲۰۰\Rightarrow M_۳=۰/۱mol.L^{-۱}$$

قسمت دوم: به کمک رابطهٔ زیر، از غلظت مولی محلول، درصد جرمی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times۱۰}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow ۰/۱=\frac{\text{درصد جرمی}\times۱۰}{۹۸}\Rightarrow=٪۰/۹۸$$

۹ ۱ ابتدا حجم محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم: $?\,L\ \text{محلول}=۶۳۰g\ \text{محلول}\times\frac{۱mL\ \text{محلول}}{۱/۲۶g\ \text{محلول}}\times\frac{۱L\ \text{محلول}}{۱۰^{۳}mL\ \text{محلول}}=۰/۵L\ \text{محلول}$

اگر غلظت این محلول را $M_۱$ فرض کنیم، خواهیم داشت: $M_۱V_۱+M_۲V_۲=M_۳V_۳\Rightarrow(۰/۵\times M_۱)+(۱\times۲)=۱/۶\times(\underbrace{۲+۰/۵}_{\text{حجم کل}})\Rightarrow M_۱=۴mol.L^{-۱}$

اکنون به کمک رابطهٔ مقابل، درصد جرمی محلول نهایی را به‌دست می‌آوریم: $M=\frac{۱۰\times a\times d}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow ۴=\frac{۱۰\times a\times۱/۲۶}{۶۳}\Rightarrow a=٪۲۰$

۱۰ ۲ در دمای $۲۰^\circ C$ در ۱۰۰ گرم آب مقدار ۳۰ گرم پتاسیم نیترات حل شده و ۱۳۰ گرم محلول سیرشدهٔ آن تولید می‌شود. مقدار نمک و آب موجود در ۵۲۰ گرم محلول در این دما را به‌دست می‌آوریم: $\text{جرم آب}=۵۲۰g-۱۲۰g=۴۰۰g\,H_۲O$ $?\,g\,KNO_۳=۵۲۰g\ \text{محلول}\times\frac{۳۰g\,KNO_۳}{۱۳۰g\ \text{محلول}}=۱۲۰g\,KNO_۳$

با اضافه کردن ۲۱۰ گرم نمک و ۱۰۰ گرم آب به محلول، مقدار پتاسیم نیترات و آب در ظرف به ترتیب برابر ۳۳۰ گرم و ۵۰۰ گرم می‌شود. اکنون محاسبه می‌کنیم که در دمای $۴۰^\circ C$ برای حل شدن ۳۳۰ گرم نمک به چند گرم آب نیاز داریم: $?\,g\ \text{آب}=۳۳۰g\ KNO_۳\times\frac{۱۰۰g\ \text{آب}}{۶۰g\,KNO_۳}=۵۵۰g\ \text{آب}$

پس حداقل ۵۰ گرم آب باید به این ظرف اضافه کنیم تا کل پتاسیم نیترات در آب حل شود.

۱۱ ۳ قسمت اول: انحلال‌پذیری پتاسیم کلرید در دماهای $75^\circ C$ و $30^\circ C$ به ترتیب برابر ۵۰ و ۳۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است؛ بنابراین با کاهش دمای ۱۵۰ گرم محلول سیرشدهٔ پتاسیم کلرید از دمای $75^\circ C$ تا $30^\circ C$، ۱۵ گرم رسوب تشکیل می‌شود.

جرم رسوب پتاسیم کلرید حاصل از کاهش دما برابر است با:

$$?\,g\,KCl\ \text{رسوب} = ۳۶۰\,g\ \text{محلول} \times \frac{۱۵\,g\,KCl\ \text{رسوب}}{۱۵۰\,g\ \text{محلول}} = ۳۶\,g\ \text{رسوب}$$

می‌خواهیم جرم محلول حاصل از سرد کردن مقداری محلول سدیم نیترات از دمای $35^\circ C$ تا $10^\circ C$ برابر ۳۶۰ گرم شود. اگر مقدار رسوب را x گرم در نظر بگیریم، پس محلول اولیه $(۳۶۰+x)$ گرم جرم داشته است. انحلال‌پذیری سدیم نیترات در دماهای $35^\circ C$ و $10^\circ C$ به ترتیب ۱۰۰ و ۸۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب است. پس ۲۰۰ گرم محلول سیرشده این نمک با سرد شدن از دمای $35^\circ C$ تا $10^\circ C$، ۲۰ گرم رسوب تولید می‌کند.

$$?\,g\,NaNO_۳\ \text{رسوب} = (۳۶۰+x)\,g\ \text{محلول} \times \frac{۲۰\,g\,NaNO_۳\ \text{رسوب}}{۲۰۰\,g\ \text{محلول}} = x\,g\,NaNO_۳\ \text{رسوب} \Rightarrow x = ۴۰\,g\ NaNO_۳\ \text{رسوب}$$

پس جرم محلول سیرشده در دمای $35^\circ C$ برابر $۴۰۰\,g$ $(۳۶۰+۴۰)$ است. **قسمت دوم:** درصد جرمی نهایی محلول‌های سیرشده از هر نمک را محاسبه می‌کنیم و اختلاف آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} ۱۰^\circ C \text{ سدیم نیترات در دمای : درصد جرمی} = \frac{۸۰}{۱۰۰+۸۰} \times ۱۰۰ \simeq ٪۴۴/۴ \\ ۳۵^\circ C \text{ پتاسیم کلرید در دمای : درصد جرمی} = \frac{۳۵}{۱۰۰+۳۵} \times ۱۰۰ \simeq ٪۲۵/۹ \end{cases} \Rightarrow \text{اختلاف} = ۴۴/۴ - ۲۵/۹ = ٪۱۸/۵$$

۱۲ ۳ برابر بودن درصد جرمی محلول سیرشدهٔ این دو نمک به معنای برابری مقدار انحلال‌پذیری آن‌ها است. برای حل مسئله ابتدا معادلهٔ انحلال‌پذیری دو نمک A و B را به‌دست می‌آوریم:

نمک A: $\frac{S-S_۱}{S_۲-S_۱} = \frac{\theta-\theta_۱}{\theta_۲-\theta_۱} \Rightarrow \frac{S-۲۴/۵}{۲۲-۲۴/۵} = \frac{\theta-۵۰}{۶۰-۵۰} \Rightarrow S = -\frac{\theta}{۴} + ۳۷$

نمک B: $\frac{S-S_۱}{S_۲-S_۱} = \frac{\theta-\theta_۱}{\theta_۲-\theta_۱} \Rightarrow \frac{S-۴۴}{۵۳-۴۴} = \frac{\theta-۴۰}{۵۵-۴۰} \Rightarrow S = \frac{۶}{۱۰}\theta + ۲۰$

سپس با برابر قرار دادن معادله‌های انحلال‌پذیری این دو نمک، دمایی که انحلال‌پذیری آن‌ها با هم برابر است را محاسبه می‌کنیم:

$$S_A = S_B \Rightarrow -\frac{\theta}{۴} + ۳۷ = \frac{۶}{۱۰}\theta + ۲۰ \Rightarrow ۰/۸۵\theta = ۱۷ \Rightarrow \theta = ۲۰^\circ C$$

اکنون پس از محاسبهٔ انحلال‌پذیری یکی از نمک‌ها در دمای $20^\circ C$، درصد جرمی محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ = \frac{۳۲}{۱۳۲} \times ۱۰۰ \simeq ٪۲۴/۲$$

$$\text{در دمای } ۲۰^\circ C: S_A = -\frac{۲۰}{۴} + ۳۷ = ۳۲\,g$$

۱۳ ۳ انحلال‌پذیری گازها با فشار آن‌ها رابطهٔ خطی و مستقیم دارد، پس انحلال‌پذیری گاز کلر در دماهای $20^\circ C$ و $50^\circ C$ در فشار ۱atm، $\frac{۱}{۴}$ برابر انحلال‌پذیری آن در فشار ۴ atm بوده و به ترتیب برابر ۰/۷۳ و ۰/۳۷۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.

جرم گاز کلر حل شده در ۲ لیتر آب در دمای $50^\circ C$ و فشار ۱atm برابر است با:

$$?\,g\,Cl_۲ = ۲\,L\ \text{آب} \times \frac{۱۰^۳\,mL\ \text{آب}}{۱\,L\ \text{آب}} \times \frac{۱\,g\ \text{آب}}{۱\,mL\ \text{آب}} \times \frac{۰/۳۷۵\,g\,Cl_۲}{۱۰۰\,g\ \text{آب}} = ۷/۵\,g\ Cl_۲$$

جرم گاز کلر حل شده در ۲ لیتر آب در دمای $20^\circ C$ و فشار ۱atm برابر است با:

$$?\,g\,Cl_۲ = ۲\,L\ \text{آب} \times \frac{۱۰^۳\,mL\ \text{آب}}{۱\,L\ \text{آب}} \times \frac{۱\,g\ \text{آب}}{۱\,mL\ \text{آب}} \times \frac{۰/۷۳\,g\,Cl_۲}{۱۰۰\,g\ \text{آب}} = ۱۴/۶\,g\ Cl_۲$$

پس مقدار $۷/۱\,g$ $(۱۴/۶-۷/۵)$ گاز کلر اضافی را می‌توان در ۲ لیتر محلول در دمای $20^\circ C$ حل نمود تا به محلول سیرشدهٔ آن تبدیل شود. اکنون حجم این مقدار گاز $Cl_۲$ را در شرایط آزمایش محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mL\,Cl_۲ = ۷/۱\,g\ Cl_۲ \times \frac{۱\,mol\,Cl_۲}{۷۱\,g\,Cl_۲} \times \frac{۲۴۰۰۰\,mL\,Cl_۲}{۱\,mol\,Cl_۲} = ۲۴۰۰\,mL\,Cl_۲$$

۱۴ ۴ غلظت محلول غلیظ اولیه را $M_۱$ و غلظت محلول رقیق نهایی را $M_۲$ در نظر می‌گیریم: **روش اول (کسر تبدیل):** مقدار مول سدیم هیدروکسید مصرف شده در واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,NaOH = ۴\,g\,H_۲SO_۴\ \text{محلول} \times \frac{۴۹\,g\,H_۲SO_۴}{۱۰۰\,g\,H_۲SO_۴\ \text{محلول}} \times \frac{۱\,mol\,H_۲SO_۴}{۹۸\,g\,H_۲SO_۴} \times \frac{۲\,mol\,NaOH}{۱\,mol\,H_۲SO_۴} = ۰/۰۴\,mol\,NaOH$$

این مقدار سدیم هیدروکسید در ۱۰۰ میلی‌لیتر از محلول با غلظت $M_۲$ وجود دارد، پس غلظت $M_۲$ برابر است با:

$$M_۲ = \frac{\text{تعداد مول حل‌شده}}{\text{حجم محلول}} = \frac{۰/۰۴\,mol}{۰/۱\,L} = ۰/۴\,mol.L^{-۱}$$

از رابطهٔ رقیق‌سازی برای $M_۱$ و $M_۲$ داریم:

$$M_۱V_۱ = M_۲V_۲ \Rightarrow M_۱ \times ۲۵ = ۰/۴ \times ۲۵۰ \Rightarrow M_۱ = ۴\ mol.L^{-۱}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول } NaOH}{\text{ضریب}} = \frac{\text{درصد جرمی} \times \text{جرم محلول } H_۲SO_۴}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب} \times ۱۰۰} \Rightarrow \frac{۰/۱ \times M_۲}{۲} = \frac{۴ \times ۴۹}{۱۰۰ \times ۱ \times ۹۸} \Rightarrow M_۲ = ۰/۴\ mol.L^{-۱}$$

از رابطهٔ رقیق‌سازی برای M_1 و M_2 داریم: $M_1V_1=M_2V_2\Rightarrow M_1\times ۲۵=۰/۴\times ۲۵۰\Rightarrow M_1=۴\ mol.L^{-1}$

۱۵ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $FeCl_2(aq)+2NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_2(s)+2NaCl(aq)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Fe(OH)_2=\text{محلول}\ ۲۰۰g\,FeCl_2\times\frac{۲۸۰g\,Fe^{2+}}{\text{محلول}\ ۱۰^6\,g\,FeCl_2}\times\frac{۱\,mol\,Fe^{2+}}{۵۶g\,Fe^{2+}}\times\frac{۱\,mol\,FeCl_2}{۱\,mol\,Fe^{2+}}\times\frac{۱\,mol\,Fe(OH)_2}{۱\,mol\,FeCl_2}\times\frac{۹۰g\,Fe(OH)_2}{۱\,mol\,Fe(OH)_2}=۰/۰۹g\,Fe(OH)_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت ppm}\times\text{جرم محلول}\,Fe^{2+}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}\times ۱۰^6}=\frac{\text{جرم}\,Fe(OH)_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲۰۰\times ۲۸۰}{۱\times ۵۶\times ۱۰^6}=\frac{x\,g\,Fe(OH)_2}{۱\times ۹۰}\Rightarrow x=۰/۰۹g\,Fe(OH)_2$$

میانبر مداسازی

$$x=\frac{۲۰۰\times ۲۸۰\times ۹۰}{۵۶\times ۱۰^6}\xrightarrow[\text{ساده‌سازی}]{\text{دسته‌بندی و}}x=\frac{\overset{1}{۲}\times ۲۸\times ۹}{۵۶}\times\frac{\overset{1}{۱۰^4}}{\underset{100}{۱۰^6}}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}x=۰/۰۹$$

۱۶ ۴ x گرم آب و x گرم نمک سدیم نیترات در دمای $۳۵^\circ C$ با یکدیگر مخلوط شده و محلول سیرشده‌ای را پدید آورده‌اند. در اثر سرد کردن محلول تا دمای $۰^\circ C$ مقدار ۸۴ گرم رسوب تشکیل شده است. یعنی در این دما در x گرم آب مقدار $(x-۸۴)$ گرم نمک حل می‌شود. با توجه به اینکه انحلال‌پذیری سدیم نیترات در دمای $۰^\circ C$ برابر ۷۲ گرم در ۱۰۰ گرم آب است، داریم: $(x-۸۴)g\,NaNO_3=x\,g\,H_2O\times\frac{۷۲g\,NaNO_3}{۱۰۰g\,H_2O}\Rightarrow x=۳۰۰g$

پس محلول در این دما شامل ۳۰۰ گرم آب و ۲۱۶g $(۳۰۰-۸۴)$ سدیم نیترات است، در نتیجه جرم محلول برابر ۵۱۶ گرم است.

۱۷ ۲ جرم منیزیم کربنات موجود در محلول برابر است با: $?\,g\,MgCO_3=\text{محلول}\ ۵L\times\frac{۲/۱\,mol\,MgCO_3}{\text{محلول}\ ۱\,L}\times\frac{۸۴g\,MgCO_3}{۱\,mol\,MgCO_3}=۸۸۲g\,MgCO_3$

اگر چگالی محلول اولیه را d گرم بر میلی‌لیتر در نظر بگیریم، جرم محلول برابر است با:

$$\text{جرم محلول اولیه}=\text{محلول}\ ۵L\times\frac{\text{محلول}\ ۱۰۰۰mL}{\text{محلول}\ ۱\,L}\times\frac{\text{محلول}\ d\,g}{\text{محلول}\ ۱\,mL}=\text{محلول}\ ۵۰۰۰d\,g$$

اکنون با توجه به انحلال‌پذیری این نمک، چگالی محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مجموع جرم حل‌شونده در محلول نهایی}=[۴۷۲/۵+۵۰۰۰d]\,g\times\frac{\text{حل‌شونده}\ ۲۵g}{\text{محلول}\ ۱۲۵g}=۴۷۲/۵+۸۸۲\Rightarrow d=۱/۲۶g.mL^{-1}$$

۱۸ ۱ قسمت اول: روش اول: ابتدا مقدار مول پتاسیم هیدروکسید برابر است با: $?\,mol\,KOH=۴۲g\,KOH\times\frac{۱\,mol\,KOH}{۵۶g\,KOH}=۰/۷۵mol\,KOH$

سپس جرم محلول پتاسیم هیدروکسید را با توجه به غلظت مولی و چگالی محلول محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,\text{محلول}=۰/۷۵mol\,KOH\times\frac{۱\,L\,KOH\ \text{محلول}}{۲/۵mol\,KOH}\times\frac{۱۰^3\,mL\ \text{محلول}}{۱\,L\ \text{محلول}}\times\frac{۱/۱g\,KOH\ \text{محلول}}{۱\,mL\,KOH\ \text{محلول}}=۳۳۰g\,KOH\ \text{محلول}$$

روش دوم: از فرمول مقابل، درصد جرمی محلول را محاسبه می‌کنیم: $M=\frac{۱۰\times a\times d}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow ۲/۵=\frac{۱۰\times a\times ۱/۱}{۵۶}\Rightarrow a=٪\frac{۱۴۰}{۱۱}$

از فرمول درصد جرمی داریم: $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰\Rightarrow\frac{۱۴۰}{۱۱}=\frac{۴۲}{x}\times ۱۰۰\Rightarrow x=۳۳۰g\ KOH\ \text{محلول}$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $2KOH(aq)+H_2SO_4(aq)\rightarrow K_2SO_4(aq)+2H_2O(l)$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,L\,H_2SO_4\ \text{محلول}=۴۲g\,KOH\times\frac{۱\,mol\,KOH}{۵۶g\,KOH}\times\frac{۱\,mol\,H_2SO_4}{۲mol\,KOH}\times\frac{۱\,L\,H_2SO_4\ \text{محلول}}{۰/۵mol\,H_2SO_4}=۰/۷۵L\,H_2SO_4\ \text{محلول}$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم}\,KOH}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{غلظت مولی}\,H_2SO_4\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۴۲}{۲\times ۵۶}=\frac{x\times ۰/۵}{۱}\Rightarrow x=۰/۷۵L\ H_2SO_4\ \text{محلول}$

۱۹ ۱ ابتدا حجم محلول غلیظ را به‌دست می‌آوریم: $?\,mL\ \text{محلول}=۸۳g\ \text{محلول}\times\frac{۱\,mL\ \text{محلول}}{۱/۶۶g\ \text{محلول}}=۵۰mL\ \text{محلول}$

سپس غلظت محلول غلیظ را از فرمول مقابل محاسبه می‌کنیم: $M=\frac{۱۰\times a\times d}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow M=\frac{۱۰\times ۵۰\times ۱/۶۶}{۳۳۲}\Rightarrow M=۲/۵mol.L^{-1}$

اکنون به کمک رابطهٔ رقیق‌سازی، حجم محلول رقیق را به‌دست می‌آوریم: $M_{\text{غلیظ}}\times V_{\text{غلیظ}}=M_{\text{رقیق}}\times V_{\text{رقیق}}\Rightarrow ۲/۵\times ۵۰=۰/۱\times V_{\text{رقیق}}\Rightarrow V_{\text{رقیق}}=۱۲۵۰mL$

در نتیجه باید ۱۲۰۰mL $(۱۲۵۰-۵۰)$ آب که معادل ۱۲۰۰g است به محلول اولیه اضافه شود.

۲۰ ۱ ابتدا با توجه به غلظت مولار و جرم حل‌شوندهٔ $FeCl_x$ ، x را محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,FeCl_x = ۰/۵\,L\ \text{محلول} \times \frac{۱/۸\,mol\,ion}{۱\,L\ \text{محلول}} \times \frac{۱\,mol\,FeCl_x}{(۱+x)\,mol\,ion} \times \frac{(۵۶+۳۵/۵x)\,g\,FeCl_x}{۱\,mol\,FeCl_x} = ۳۸/۱\,g\,FeCl_x \Rightarrow ۰/۹(۵۶+۳۵/۵x)=۳۸/۱(۱+x) \Rightarrow x=۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } FeCl_x}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{غلظت یون‌های } Fe^{x+}, Cl^- \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۳۸/۱}{۵۶+۳۵/۵x} = \frac{۱/۸ \times ۰/۵}{۱+x} \Rightarrow x=۲$$

سپس جرم محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\ \text{محلول} = ۵۰۰\,mL\ \text{محلول} \times \frac{۱/۲\,g\ \text{محلول}}{۱\,mL\ \text{محلول}} = ۶۰۰\,g\ \text{محلول}$$

سپس جرم یون آهن $(Fe^{۲+})$ موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Fe^{۲+} = ۳۸/۱\,g\,FeCl_۲ \times \frac{۱\,mol\,FeCl_۲}{۱۲۷\,g\,FeCl_۲} \times \frac{۱\,mol\,Fe^{۲+}}{۱\,mol\,FeCl_۲} \times \frac{۵۶\,g\,Fe^{۲+}}{۱\,mol\,Fe^{۲+}} = ۱۶/۸\,g\,Fe^{۲+}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } FeCl_۲}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } Fe^{۲+}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۳۸/۱}{۱ \times ۱۲۷} = \frac{y}{۱ \times ۵۶} \Rightarrow y=۱۶/۸\,g\,Fe^{۲+}$$

اکنون درصد جرمی یون آهن در محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{۱۶/۸\,g}{۶۰۰\,g} \times ۱۰۰ = ٪۲/۸$$

فصل سوم: آزمون جامع ۲

۱ ۲ معادلهٔ واکنش یون کلسیم $(Ca^{۲+})$ با محلول سدیم فسفات:

$$M = \frac{۱۰ \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow ۳/۲ = \frac{۱۰ \times ۲۰ \times d}{۹۵} \Rightarrow d = ۱/۵۲\,g.mL^{-۱}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,Na_۳PO_۴ = ۵m^۳\ \text{آب} \times \frac{۱۰^۶\,mL\ \text{آب}}{۱\,m^۳\ \text{آب}} \times \frac{۱\,g\ \text{آب}}{۱\,mL\ \text{آب}} \times \frac{۴۸۰\,g\,Ca^{۲+}}{۱۰^۶\,g\ \text{آب}} \times \frac{۱\,mol\,Ca^{۲+}}{۴۰\,g\,Ca^{۲+}} \times \frac{۲\,mol\,Na_۳PO_۴}{۳\,mol\,Ca^{۲+}} = ۴۰\,mol\,Na_۳PO_۴$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت ppm} \times \text{جرم محلول}}{۱۰^۶} = \frac{\text{مول } Na_۳PO_۴}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۵ \times ۱۰^۶ \times ۴۸۰}{۱۰^۶ \times ۳ \times ۴۰} = \frac{x}{۲} \Rightarrow x=۴۰\,mol\,Na_۳PO_۴$$

واکنش یون باریم $(Ba^{۲+})$ با محلول سدیم سولفات:

$$Ba^{۲+}(aq) + Na_۲SO_۴(aq) \rightarrow BaSO_۴(s) + ۲Na^+(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,Na_۲SO_۴ = ۵m^۳\ \text{آب} \times \frac{۱۰^۶\,mL\ \text{آب}}{۱\,m^۳\ \text{آب}} \times \frac{۱\,g\ \text{آب}}{۱\,mL\ \text{آب}} \times \frac{۴۱۱\,g\,Ba^{۲+}}{۱۰^۶\,g\ \text{آب}} \times \frac{۱\,mol\,Ba^{۲+}}{۱۳۷\,g\,Ba^{۲+}} \times \frac{۱\,mol\,Na_۲SO_۴}{۱\,mol\,Ba^{۲+}} = ۱۵\,mol\,Na_۲SO_۴$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت ppm} \times \text{جرم محلول}}{۱۰^۶} = \frac{\text{مول } Na_۳SO_۴}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۵ \times ۱۰^۶ \times ۴۱۱}{۱۰^۶ \times ۱ \times ۱۳۷} = \frac{y}{۱} \Rightarrow y=۱۵\,mol\,Na_۳SO_۴$$

پس در مجموع ۵۵ mol (۱۵+۴۰) از نمک‌های سدیم فسفات و سدیم سولفات نیاز است.

۲ ۲ ابتدا محاسبه می‌کنیم که با استفاده از این مقدار محلول کلردار، چند متر مکعب آب استخر را می‌توان ضدعفونی کرد:

$$?\,m^۳\ \text{آب} = ۲ \times ۱۰^۳\,kg\ \text{محلول} \times \frac{۱۰^۳\,g\ \text{محلول}}{۱\,kg\ \text{محلول}} \times \frac{۵۰۰\,g\ \text{کلر}}{۱۰^۶\,g\ \text{محلول}} \times \frac{۱۰۰\,g\ \text{آب}}{۱۰^{-۴}\,g\ \text{کلر}} \times \frac{۱\,mL\ \text{آب}}{۱\,g\ \text{آب}} \times \frac{۱\,m^۳\ \text{آب}}{۱۰^۶\,mL\ \text{آب}} = ۱۰۰۰\,m^۳\ \text{آب}$$

با توجه به اینکه حجم استخر $۱۰۰m^۳$ است، با استفاده از این مقدار محلول، می‌توان ۱۰ مرتبه استخر را ضدعفونی نمود.

۳ ۴ تغییرات جرم تیغه به این صورت است که مقداری آهن خورده می‌شود و مقداری مس روی تیغه می‌نشیند. اگر غلظت محلول مس (II) سولفات را M فرض کنیم؛ خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Fe = ۲۵۰\,mL\,CuSO_۴\ \text{محلول} \times \frac{۱\,L\ \text{محلول}}{۱۰^۳\,mL\ \text{محلول}} \times \frac{M\,mol\,CuSO_۴}{۱\,L\ \text{محلول}} \times \frac{۱\,mol\,Fe}{۱\,mol\,CuSO_۴} \times \frac{۵۶\,g\,Fe}{۱\,mol\,Fe} = ۱۴M\,g\,Fe$$

$$?\,g\,Cu = ۲۵۰\,mL\,CuSO_۴\ \text{محلول} \times \frac{۱\,L\ \text{محلول}}{۱۰^۳\,mL\ \text{محلول}} \times \frac{M\,mol\,CuSO_۴}{۱\,L\ \text{محلول}} \times \frac{۱\,mol\,Cu}{۱\,mol\,CuSO_۴} \times \frac{۶۴\,g\,Cu}{۱\,mol\,Cu} = ۱۶M\,g\,Cu$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Fe}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{غلظت مولی } CuSO_۴ \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم مس}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x}{۱ \times ۵۶} = \frac{۰/۲۵ \times M}{۱} = \frac{y}{۱ \times ۶۴} \Rightarrow x=۱۴M\,g\,Fe,\ y=۱۶M\,g\,Cu$$

سپس معادلهٔ تغییر جرم تیغه را نوشته و M را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{افزایش جرم تیغه} + \text{کاهش جرم تیغه} - \text{جرم اولیهٔ تیغه} = \text{جرم نهایی تیغه} \Rightarrow ۴۲/۴ = ۳۹/۶ - ۱۴M + ۱۶M \Rightarrow ۲M = ۲/۸ \Rightarrow M = ۱/۴\,mol.L^{-۱}$$

اکنون به کمک رابطهٔ مقابل، درصد جرمی این محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$M=\frac{۱۰\times a\times d}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow ۱/۴=\frac{۱۰\times a\times ۱/۱۲}{۱۶۰}\Rightarrow a=۲۰$$

۴ ۱ ابتدا جرم مس (II) کلرید ($CuCl_2$) موجود در ۱۲ کیلوگرم آب دریاچه را محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰^۶\Rightarrow ۲۷/۱=\frac{x(g)}{۱۲\times ۱۰^۳ g}\times ۱۰^۶\Rightarrow x=۰/۳۲۵۲g$$

سپس جرم مولی این ترکیب را به‌دست می‌آوریم:

$$۲/۴\times ۱۰^{-۳}\,mol\,CuCl_2\times\frac{M\,g\,CuCl_2}{۱\,mol\,CuCl_2}=۰/۳۲۵۲\,g\,CuCl_2\Rightarrow M=۱۳۵/۵\,g.mol^{-۱}$$

پس جرم مولی عنصر Cu برابر است با:

$$۱۳۵/۵=\bar{M}_{Cu}+۲(۳۵/۵)\Rightarrow\bar{M}_{Cu}=۶۴/۵g.mol^{-۱}$$

مس دارای دو ایزوتوپ طبیعی ^{۶۳}Cu و ^{۶۵}Cu است. درصد فراوانی ^{۶۳}Cu و ^{۶۵}Cu را به ترتیب $F_۱$ و $F_۲=۱۰۰-F_۱$ در نظر می‌گیریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\bar{M}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{F_۱+F_۲}\Rightarrow ۶۴/۵=\frac{۶۳F_۱+۶۵(۱۰۰-F_۱)}{۱۰۰}\Rightarrow F_۱=٪۲۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\bar{M}=M_۱+\frac{F_۲}{۱۰۰}(M_۲-M_۱)\Rightarrow ۶۴/۵=۶۳+\frac{F_۲}{۱۰۰}(۶۵-۶۳)\Rightarrow F_۲=٪۷۵\Rightarrow F_۱=٪۲۵$$

۵ ۱ منیزیم کلرید دارای فرمول شیمیایی $MgCl_2$ است و در حالت محلول هر مول از این ترکیب، ۳ مول یون آبپوشیده تولید می‌کند، پس اگر غلظت کل یون‌های آبپوشیده در این محلول ۹/۶ مولار باشد، غلظت منیزیم کلرید برابر $۳/۲\,(\frac{۹/۶}{۳})$ مول بر لیتر است. حال اگر انحلال‌پذیری این نمک در این شرایط برابر ۲۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب باشد، پس درصد جرمی این محلول برابر است با:

$$\text{درصدجرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰=\frac{۲۵}{۱۰۰+۲۵}\times ۱۰۰=٪۲۰$$

اکنون به کمک فرمول مقابل می‌توانیم چگالی این محلول را به‌دست آوریم:

$$M=\frac{۱۰\times a\times d}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow ۳/۲=\frac{۱۰\times ۲۰\times d}{۹۵}\Rightarrow d=۱/۵۲\,g.mL^{-۱}$$

۶ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$MnO_2(aq)+۴HCl(aq)\rightarrow MnCl_2(aq)+Cl_2(g)+۲H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم هیدروکلریک اسید مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,HCl=۲۰۰\,mL\,MnO_2\,\text{محلول}\times\frac{۱\,L\,MnO_2\,\text{محلول}}{۱۰^۳\,mL\,MnO_2\,\text{محلول}}\times\frac{۳\times ۱۰^{-۳}\,mol\,MnO_2}{۱\,L\,MnO_2\,\text{محلول}}\times\frac{۴\,mol\,HCl}{۱\,mol\,MnO_2}\times\frac{۳۶/۵g\,HCl}{۱\,mol\,HCl}=۸۷۶\times ۱۰^{-۴}\,g\,HCl$$

سپس غلظت ppm محلول هیدروکلریک اسید را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت ppm}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰^۶=\frac{۸۷۶\times ۱۰^{-۴}}{۳۶۵}\times ۱۰^۶=۲۴۰\,ppm$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}\,MnO_2}{\text{ضریب}}=\frac{\text{غلظت ppm}\times\text{جرم محلول}\,HCl}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}\times ۱۰^۶}=\frac{\text{میلی‌لیتر گاز}\,(STP)\,Cl_2}{\text{ضریب}\times ۲۲۴۰۰}\Rightarrow\frac{۰/۲\times ۳\times ۱۰^{-۳}}{۱}=\frac{\text{غلظت ppm}\times ۳۶۵}{۱۰^۶\times ۴\times ۳۶/۵}=\frac{V\,mL}{۱\times ۲۲۴۰۰}$$

$$\Rightarrow\text{غلظت ppm}=۲۴۰,\ x=۱۳/۴۴mL$$

۷ ۲ انحلال‌پذیری پتاسیم نیترات در دماهای $۲۰^\circ C$ و $۴۰^\circ C$ به ترتیب برابر ۳۰ و ۶۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب است؛ بنابراین اگر ۱۶۰ گرم محلول سیرشده را از دمای $۴۰^\circ C$ تا $۲۰^\circ C$ سرد کنیم، مقدار ۳۰ گرم پتاسیم نیترات رسوب می‌کند. به این ترتیب جرم KNO_3 حاصل را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,KNO_3\,\text{رسوب}=۸g\,\text{محلول}\times\frac{۳۰g\,\text{رسوب}}{۱۶۰g\,\text{محلول}}=۱/۵g\,KNO_3\,\text{رسوب}$$

سپس جرم O_2 حاصل از تجزیهٔ گرمایی ۱/۵ گرم KNO_3 را به‌دست می‌آوریم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $۴KNO_3(s)\rightarrow ۲K_2O(s)+۲N_2(g)+۵O_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,O_2=۱/۵g\,KNO_3\times\frac{۱\,mol\,KNO_3}{۱۰۱\,g\,KNO_3}\times\frac{۵\,mol\,O_2}{۴\,mol\,KNO_3}\times\frac{۳۲g\,O_2}{۱\,mol\,O_2}\simeq ۰/۶g\,O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم}\,KNO_3}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم}\,O_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱/۵}{۴\times ۱۰۱}=\frac{x}{۵\times ۳۲}\Rightarrow x\simeq ۰/۶g$$

با توجه به نمودار نشان داده شده، در دمای $۳۵^\circ C$ و فشار ۱atm مقدار $۲/۵\times ۱۰^{-۳}$ گرم گاز اکسیژن در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود، پس در دمای $۳۵^\circ C$ و فشار ۲atm، مقدار ۵×۱۰^{-۳} گرم گاز اکسیژن در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود. اکنون حجمی از آب با دمای $۳۵^\circ C$ و فشار ۲atm که این مقدار گاز O_2 در آن حل می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,\text{آب}=۰/۶g\,\text{آب}\times\frac{۱۰۰g\,\text{آب}}{۵\times ۱۰^{-۳}g\,O_2}\times\frac{۱mL\,\text{آب}}{۱g\,\text{آب}}\times\frac{۱\,L\,\text{آب}}{۱۰^۳\,mL\,\text{آب}}=۱۲L\,\text{آب}$$

۸ ۳ از آنجا که محلول H_2S رقیق است، جرم محلول را می توان برابر جرم آب در نظرگرفت.

$$?\,g\,H_2S\text{ محلول}=۵/۴۶g\,Na_2S\times\frac{۱mol\,Na_2S}{۷۸g\,Na_2S}\times\frac{۱mol\,H_2S}{۱mol\,Na_2S}\times\frac{۳۴g\,H_2S}{۱mol\,H_2S}\times\frac{۱۰۰g\,H_2S\text{ محلول}}{۰/۳۴g\,H_2S}=۷۰۰g\,H_2S\text{ محلول}$$

۹ ۳ **قسمت اول:** ابتدا جرمی از NO که در ۱۰۰ گرم محلول ۰/۰۲ مولار آن وجود دارد را محاسبه می کنیم:

$$?\,g\,NO=۱۰۰g\,\text{آب}\times\frac{۱mL\,\text{آب}}{۱g\,\text{آب}}\times\frac{۱L\,\text{آب}}{۱۰^۳mL\,\text{آب}}\times\frac{۲\times۱۰^{-۲}mol\,NO}{۱L\,\text{آب}}\times\frac{۳۰g\,NO}{۱mol\,NO}=۰/۰۶g\,NO$$

سپس با توجه به رابطهٔ خطی انحلال‌پذیری گازها با فشار آن‌ها در دمای ثابت (قانون هنری)، اگر در فشار ۳atm مقدار ۰/۰۲ گرم NO در ۱۰۰ گرم آب حل شود، پس برای حل شدن ۰/۰۶ گرم از این گاز در ۱۰۰ گرم آب باید فشار ۳ برابر، یعنی ۹atm شود:

$$\text{درصد افزایش فشار}=\frac{P_۲-P_۱}{P_۱}\times۱۰۰=\frac{۹-۳}{۳}\times۱۰۰=٪۲۰۰$$

قسمت دوم: ابتدا جرمی از گاز NO که در ۱۰۰ گرم محلول سیرشده در حالت دوم وجود دارد را محاسبه می کنیم:

$$?\,g\,NO=۱۰۰g\,\text{آب}\times\frac{۱mL\,\text{آب}}{۱g\,\text{آب}}\times\frac{۱L\,\text{آب}}{۱۰^۳mL\,\text{آب}}\times\frac{۰/۵g\,NO}{۵L\,\text{آب}}=۰/۰۱g\,NO$$

با توجه به رابطهٔ خطی انحلال‌پذیری گازها با فشار آن‌ها در دمای ثابت، از آن‌جا که در فشار ۳atm حداکثر مقدار ۰/۰۲ گرم NO در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود، پس برای حل شدن ۰/۰۱ گرم گاز NO در همین دما در ۱۰۰ گرم آب و ایجاد محلول سیرشده، فشار باید ۱/۵atm باشد.

۱۰ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$۶NaOH(aq)+Al_2(SO_۴)_۳(aq)\rightarrow ۲Al(OH)_۳(s)+۳Na_2SO_۴(aq)$$

با توجه به انحلال‌پذیری NaOH می‌توان نتیجه گرفت که در هر ۲۲۰ گرم محلول از این ترکیب، ۱۲۰ گرم NaOH حل شده است: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,L\,Al_2(SO_۴)_۳=۵۶۰mL\,NaOH\text{ محلول}\times\frac{۱/۳۷۵g\,NaOH\text{ محلول}}{۱mL\,NaOH\text{ محلول}}\times\frac{۱۲۰g\,NaOH}{۲۲۰g\,NaOH\text{ محلول}}\times\frac{۱mol\,NaOH}{۴۰g\,NaOH}\times\frac{۱mol\,Al_2(SO_۴)_۳}{۶mol\,NaOH}$$

$$\times\frac{۱L\,Al_2(SO_۴)_۳\text{ محلول}}{۰/۵mol\,Al_2(SO_۴)_۳}=۳/۵L\,Al_2(SO_۴)_۳\text{ محلول}$$

$$?\,g\,Al(OH)_۳=۳/۵L\,Al_2(SO_۴)_۳\text{ محلول}\times\frac{۰/۵mol\,Al_2(SO_۴)_۳}{۱L\,Al_2(SO_۴)_۳\text{ محلول}}\times\frac{۲mol\,Al(OH)_۳}{۱mol\,Al_2(SO_۴)_۳}\times\frac{۷۸g\,Al(OH)_۳}{۱mol\,Al(OH)_۳}=۲۷۳g\,Al(OH)_۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی }Al_2(SO_۴)_۳\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{درصد جرمی}\times\text{جرم محلول }NaOH}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}\times۱۰۰}=\frac{\text{جرم }Al(OH)_۳}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow\frac{x\times۰/۵}{۱}=\frac{۵۶۰\times۱/۳۷۵\times\frac{۱۲۰}{۲۲۰}\times۱۰۰}{۱۰۰\times۶\times۴۰}=\frac{y}{۲\times۷۸}\Rightarrow x=۳/۵L\,Al_2(SO_۴)_۳\text{ محلول},\ y=۲۷۳g\,Al(OH)_۳$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{x\times۰/۵}{۱}=\frac{۵۶۰\times۱/۳۷\times\frac{۱۲۰}{۲۲۰}\times۱۰۰}{۱۰۰\times۶\times۴۰}\xrightarrow{\text{مرتب‌سازی و ساده‌سازی}}x=\frac{۵۶۰\times۱/۳۷\times\frac{۱۲۰}{۲۲۰}\times۱۰۰}{۱۰۰\times۶\times۴۰\times۰/۵}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{۵۶۰\times۱/۳۷\times۱۲۰}{۲۲۰\times۶\times۲۰}\xrightarrow[\text{به جای ۱/۳۷ عدد ۱/۳۲ قرار گیرد.}]{\text{تخمین زدن}}$$

$$\frac{۵۶۰\times۱/۳۲}{۲۲۰}=\frac{۵۶۰\times۰/۱۲}{۲۰}=۲۸\times۰/۱۲=۳/۳۶$$

پاسخ اندکی بزرگ‌تر از ۳/۳۶ است. (پاسخ: ۳/۵)

فصل سوم: آزمون جامع ۳

۱ ۲ جرم منیزیم سولفات را x گرم و جرم منیزیم کلرید را $(۵-x)$ گرم در نظر می‌گیریم و جرم منیزیم را در این مخلوط محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Mg^{۲+}=x\,g\,MgSO_۴\times\frac{۱mol\,MgSO_۴}{۱۲۰g\,MgSO_۴}\times\frac{۱mol\,Mg^{۲+}}{۱mol\,MgSO_۴}\times\frac{۲۴g\,Mg^{۲+}}{۱mol\,Mg^{۲+}}=\frac{x}{۵}g\,Mg^{۲+}$$

$$?\,g\,Mg^{۲+}=(۵-x)\,g\,MgCl_۲\times\frac{۱mol\,MgCl_۲}{۹۵g\,MgCl_۲}\times\frac{۱mol\,Mg^{۲+}}{۱mol\,MgCl_۲}\times\frac{۲۴g\,Mg^{۲+}}{۱mol\,Mg^{۲+}}=\frac{۲۴(۵-x)}{۹۵}g\,Mg^{۲+}$$

از مقدار غلظت ppm داریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times۱۰^۶\Rightarrow۱۲۰=\frac{y\,g\,Mg^{۲+}}{۱۰\times۱۰^۳g}\times۱۰^۶\Rightarrow y=۱/۲g\Rightarrow\frac{x}{۵}+\frac{۲۴(۵-x)}{۹۵}=۱/۲\Rightarrow x=۱/۲$$

پس ۱/۲ گرم منیزیم سولفات و ۳/۸ گرم منیزیم کلرید در آب حل شده است:

$$?\,mol\,MgSO_4 = 1/2\,g\,MgSO_4 \times \frac{1\,mol\,MgSO_4}{120\,g\,MgSO_4} = 0/01\,mol\,MgSO_4 \quad , \quad ?\,mol\,MgCl_2 = 3/8\,g\,MgCl_2 \times \frac{1\,mol\,MgCl_2}{95\,g\,MgCl_2} = 0/04\,mol\,MgCl_2$$

پس نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{\text{مقدار مول } MgCl_2}{\text{مقدار مول } MgSO_4} = \frac{0/04}{0/01} = 4$$

۲ ۳ ابتدا مقدار مول آمونیوم نیترات را n_1 و مقدار مول کلسیم نیترات را n_2 در نظر می‌گیریم و جرم هر یک از یون‌های موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

محلول آمونیوم نیترات:

$$\text{غلظت مولار} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 1/5 = \frac{n_1}{a} \Rightarrow n_1 = 1/5a\,mol$$

$$?\,g\,NH_4^+ = 1/5a\,mol\,NH_4NO_3 \times \frac{1\,mol\,NH_4^+}{1\,mol\,NH_4NO_3} \times \frac{18\,g\,NH_4^+}{1\,mol\,NH_4^+} = 27a\,g\,NH_4^+$$

$$?\,g\,NO_3^- = 1/5a\,mol\,NH_4NO_3 \times \frac{1\,mol\,NO_3^-}{1\,mol\,NH_4NO_3} \times \frac{62\,g\,NO_3^-}{1\,mol\,NO_3^-} = 93a\,g\,NO_3^-$$

محلول کلسیم نیترات: $n_2 = 2/25b\,mol \Leftarrow \text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow 2/25 = \frac{n_2}{b}$ ، $\text{غلظت مولار} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 30 \times 1/23}{164} = 2/25\,mol.L^{-1}$

$$?\,g\,Ca^{2+} = 2/25b\,mol\,Ca(NO_3)_2 \times \frac{1\,mol\,Ca^{2+}}{1\,mol\,Ca(NO_3)_2} \times \frac{40\,g\,Ca^{2+}}{1\,mol\,Ca^{2+}} = 90b\,g\,Ca^{2+}$$

$$?\,g\,NO_3^- = 2/25b\,mol\,Ca(NO_3)_2 \times \frac{2\,mol\,NO_3^-}{1\,mol\,Ca(NO_3)_2} \times \frac{62\,g\,NO_3^-}{1\,mol\,NO_3^-} = 279b\,g\,NO_3^-$$

سپس با توجه به مجموع جرم آنیون‌ها و کاتیون‌ها در محلول، نسبت $\frac{a}{b}$ را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \text{آنیون‌ها: } 93a + 279b = 93 \\ \text{کاتیون‌ها: } 27a + 90b = 28/8 \end{cases} \Rightarrow a = 0/4 \ , \ b = 0/2$$

پس نسبت $\frac{a}{b}$ برابر ۲ $\left(\frac{0/4}{0/2}\right)$ است.

۳ ۴ درصد جرمی این محلول برابر است با:

$$\text{درصد جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد جرمی} = \frac{11/2}{280} \times 100 = \%4$$

از فرمول روبه‌رو جرم مولی این حل‌شونده را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow 0/25 = \frac{10 \times 4 \times 1/4}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow \text{جرم مولی} = 224\,g.mol^{-1}$$

پس داریم:

$$\text{جرم مولی } MBr_x = M + x(80) = 224$$

اگر x برابر ۱ باشد، جرم مولی M برابر ۱۴۴ است و اگر x برابر ۲ باشد، جرم مولی M برابر ۶۴ است که با توجه به داده‌های مسئله فرمول $CuBr_2$ برای این ترکیب به‌دست می‌آید. اکنون جرم آنیون (Br^-) موجود در محلول را محاسبه و درصد جرمی آنیون موجود در محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,Br^- = 11/2\,g\,CuBr_2 \times \frac{1\,mol\,CuBr_2}{224\,g\,CuBr_2} \times \frac{2\,mol\,Br^-}{1\,mol\,CuBr_2} \times \frac{80\,g\,Br^-}{1\,mol\,Br^-} = 8\,g\,Br^- \quad , \quad \text{درصد جرمی آنیون در محلول} = \frac{8}{280} \times 100 \simeq \%2/8$$

۲ ۴ قسمت اول: جرم اولیهٔ تیغهٔ آهنی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم تیغهٔ آهنی} = 0/56\,cm^3\,Fe \times \frac{7/8\,g\,Fe}{1\,cm^3\,Fe} = 4/368\,g$$

حجم محلول نقره نیترات را V لیتر در نظر می‌گیریم:

$$\text{جرم آهن مصرف‌شده}: ?\,g\,Fe = V\,L\,AgNO_3\,\text{محلول} \times \frac{0/45\,mol\,AgNO_3}{1\,L\,AgNO_3\,\text{محلول}} \times \frac{1\,mol\,Fe}{2\,mol\,AgNO_3} \times \frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe} = 12/6V\,g\,Fe$$

$$\text{جرم نقرهٔ تولیدشده}: ?\,g\,Ag = V\,L\,AgNO_3\,\text{محلول} \times \frac{0/45\,mol\,AgNO_3}{1\,L\,AgNO_3\,\text{محلول}} \times \frac{2\,mol\,Ag}{2\,mol\,AgNO_3} \times \frac{108\,g\,Ag}{1\,mol\,Ag} = 48/6V\,g\,Ag$$

معادلهٔ تغییر جرم تیغه را با توجه به این‌که ۷۰ درصد نقره تولید شده روی تیغهٔ آهنی قرار می‌گیرد، می‌نویسیم:

جرم نهایی تیغه = جرم اولیهٔ تیغه + جرم نقرهٔ قرار گرفته روی سطح تیغه − جرم آهن مصرف شده

$$8/652 = 4/368 - 12/6V + \frac{70}{100}(48/6V) \Rightarrow V = 0/2L = 200mL$$

قسمت دوم: درصد جرمی نقره در تیغهٔ نهایی برابر است با:

$$\text{درصد جرمی نقره در تیغه} = \frac{\text{جرم نقره}}{\text{جرم کل تیغهٔ نهایی}} \times ۱۰۰ = \frac{\frac{۷۰}{۱۰۰} \times (۴۸/۶ \times ۰/۲)}{۸/۶۵۲} \times ۱۰۰ \simeq ٪۷۸/۶$$

۵ | ۱ بشر شمارهٔ (۱):

$$K_۲O(s) + H_۲O(l) \rightarrow ۲KOH(aq), \quad ?\,mol\,KOH = ۲۸/۲\,g\,K_۲O \times \frac{۱\,mol\,K_۲O}{۹۴\,g\,K_۲O} \times \frac{۲\,mol\,KOH}{۱\,mol\,K_۲O} = ۰/۶\,mol\,KOH$$

غلظت محلول تولید شده:

$$\text{غلظت مولی}\,(M_۱) = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{۰/۶\,(mol)}{۰/۲۵\,(L)} = ۲/۴\,mol.L^{-۱}$$

بشر شمارهٔ (۲):

$$SO_۳(g) + H_۲O(l) \rightarrow H_۲SO_۴(aq), ?\,mol\,H_۲SO_۴ = ۸L\ SO_۳ \times \frac{۲/۵\,g\,SO_۳}{۱\,L\,SO_۳} \times \frac{۱\,mol\,SO_۳}{۸۰\,g\,SO_۳} \times \frac{۱\,mol\,H_۲SO_۴}{۱\,mol\,SO_۳} = ۰/۲۵\,mol\,H_۲SO_۴$$

غلظت محلول تولید شده:

$$\text{غلظت مولی}\,(M_۲) = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{۰/۲۵\,(mol)}{۰/۲\,(L)} = ۱/۲۵\,mol.L^{-۱}$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش نهایی:

$$۲KOH(aq) + H_۲SO_۴(aq) \rightarrow K_۲SO_۴(aq) + ۲H_۲O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل): حجم محلول سولفوریک اسید مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{محلول}\,H_۲SO_۴\,?\,mL = ۱۰۰ \times ۱۰^{-۳}\,L\,KOH_{\text{محلول}} \times \frac{۲/۴\,mol\,KOH}{۱\,L\,KOH_{\text{محلول}}} \times \frac{۱\,mol\,H_۲SO_۴}{۲\,mol\,KOH} \times \frac{۱\,L\,H_۲SO_۴{}_{\text{محلول}}}{۱/۲۵\,mol\,H_۲SO_۴} \times \frac{۱۰۰۰\,mL_{\text{محلول}}}{۱\,L_{\text{محلول}}} = ۹۶\,mL\,H_۲SO_۴{}_{\text{محلول}}$$

غلظت مولی نمک تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,K_۲SO_۴ = ۱۰۰\,mL\,KOH_{\text{محلول}} \times \frac{۱\,L_{\text{محلول}}}{۱۰۰۰\,mL_{\text{محلول}}} \times \frac{۲/۴\,mol\,KOH}{۱\,L\,KOH_{\text{محلول}}} \times \frac{۱\,mol\,K_۲SO_۴}{۲\,mol\,KOH} = ۰/۱۲\,mol\,K_۲SO_۴$$

$$\text{غلظت مولی پتاسیم‌سولفات} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{۰/۱۲}{۰/۱+۰/۰۹۶} \simeq ۰/۶۱\,mol.L^{-۱}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت}\ K_۲SO_۴ \times \text{حجم کل}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت}\ H_۲SO_۴ \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت}\ KOH \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow \frac{۰/۱ \times ۲/۴}{۲} = \frac{V \times ۱/۲۵}{۱} = \frac{\text{حجم کل} \times M_{K_۲SO_۴}}{۱} \Rightarrow V = ۰/۰۹۶L = ۹۶mL \Rightarrow \text{حجم کل محلول} = ۰/۱۹۶L$$

$$\text{غلظت مولی پتاسیم‌سولفات} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{۰/۱۲}{۰/۱+۰/۰۹۶} \simeq ۰/۶۱\,mol.L^{-۱}$$

۶ | ۲ درصد جرمی سدیم نیترات در محلول سیرشده در دمای $۳۵^\circ C$ را از فرمول زیر محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{۱۰ \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow ۷ = \frac{۱۰ \times a \times ۱/۱۹}{۸۵} \Rightarrow a = ٪۵۰$$

انحلال‌پذیری این نمک در این دما برابر است با:

$$\text{انحلال‌پذیری در دمای}\ ۳۵^\circ C = ۱۰۰\,g\,H_۲O_{\text{آب}} \times \frac{۵۰\,g\,NaNO_۳}{۵۰\,g\,\text{آب}} = ۱۰۰\,g\,NaNO_۳$$

انحلال‌پذیری این نمک در دمای $۲۰^\circ C$ را S در نظر می‌گیریم و ۱۸۰۰ گرم محلول سیرشدهٔ آن را از دمای $۳۵^\circ C$ تا $۲۰^\circ C$ سرد می‌کنیم. اگر ۲۰۰ گرم محلول سیرشده را از دمای $۳۵^\circ C$ تا $۲۰^\circ C$ سرد کنیم، مقدار $(۱۰۰-S)$ گرم رسوب تشکیل می‌شود، پس داریم:

$$?\,g\,NaNO_۳\,\text{رسوب} = ۱۸۰۰\,g\,NaNO_۳\,\text{محلول} \times \frac{(۱۰۰-S)g\,NaNO_۳\,\text{رسوب}}{۲۰۰\,g\,NaNO_۳\,\text{محلول}} = ۹(۱۰۰-S)g\,NaNO_۳\,\text{رسوب}$$

با توجه به اطلاعات مسئله این مقدار ۲۰ گرم از میزان انحلال‌پذیری بیشتر است، داریم:

$$۹(۱۰۰-S) = S+۲۰ \Rightarrow ۹۰۰-۹S = S+۲۰ \Rightarrow ۱۰S = ۸۸۰ \Rightarrow S = ۸۸\,g/۱۰۰\,g\,H_۲O$$

پس انحلال‌پذیری سدیم نیترات در دمای $۳۵^\circ C$ و $۲۰^\circ C$ به ترتیب ۱۰۰g و ۸۸g است. معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{S-S_۱}{S_۲-S_۱} = \frac{\theta-\theta_۱}{\theta_۲-\theta_۱} \Rightarrow \frac{S-۸۸}{۱۰۰-۸۸} = \frac{\theta-۲۰}{۳۵-۲۰} \Rightarrow S = ۰/۸\theta+۷۲$$

شیب و عرض از مبدأ معادلهٔ انحلال‌پذیری به ترتیب برابر ۰/۸ و ۷۲ است که حاصل‌ضرب آن‌ها برابر ۵۷/۶ $(۷۲ \times ۰/۸)$ می‌باشد.

۷ ۳ جرم آهن (II) کلرید را x گرم و جرم آهن (III) کلرید را $(۸۳/۳-x)$ گرم در نظر می‌گیریم و مجموع مول‌های موجود در این محلول را محاسبه می‌کنیم:

آهن (II) کلرید: $?\,mol\,ion = x\,g\,FeCl_2 \times \frac{1\,mol\,FeCl_2}{127\,g\,FeCl_2} \times \frac{3\,mol\,ion}{1\,mol\,FeCl_2} = \frac{3x}{127}\,mol\,ion$

آهن (III) کلرید: $?\,mol\,ion = (۸۳/۳-x)\,g\;FeCl_3 \times \frac{1\,mol\,FeCl_3}{162/5\,g\,FeCl_3} \times \frac{4\,mol\,ion}{1\,mol\,FeCl_3} = \frac{4(۸۳/۳-x)}{162/5}\,mol\,ion$

با توجه به غلظت تمام یون‌ها، مجموع مول‌های موجود در این محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow ۰/۲ = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{10L} \Rightarrow \text{مول حل‌شونده} = 2mol \Rightarrow \frac{3x}{127} + \frac{4(۸۳/۳-x)}{162/5} = 2 \Rightarrow x = ۵۰/۸g$$

پس درصد جرمی آهن (II) کلرید در مخلوط اولیه برابر است با: $\%FeCl_2 = \frac{\text{جرم } FeCl_2}{\text{جرم کل}} \times ۱۰۰ = \frac{۵۰/۸}{۸۳/۳} \times ۱۰۰ \simeq \%۶۱$

۸ ۲ غلظت مولی محلول منیزیم کلرید برابر است با: $\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} \Rightarrow M_1 = \frac{10 \times 2 \times ۱/۲}{95} = \frac{24}{95}\,mol.L^{-1}$

با توجه به فرمول $MgCl_2$، غلظت یون منیزیم نیز $\frac{24}{95}$ مول بر لیتر است. غلظت محلول منیزیم سولفات اولیه ۰/۰۵ مولار است، پس با توجه به فرمول $MgSO_4$، غلظت یون Mg^{2+} نیز برابر ۰/۰۵ مول بر لیتر است. $M_2 = ۰/۰۵\,mol.L^{-1}$

غلظت مولار یون Mg^{2+} در محلول نهایی برابر است با: $\text{غلظت مولار} = \frac{ppm \times d}{\text{جرم مولی} \times 1000} \Rightarrow M_3 = \frac{۴۶۶ \times ۱/۰۳}{1000 \times 24} \simeq ۰/۰۲\,mol.L^{-1}$

پس با توجه به رابطهٔ قانون پایستگی مول داریم:

$$n_1 + n_2 = n_3 \Rightarrow M_1V_1 + M_2V_2 = M_3V_3 \Rightarrow \frac{24}{95} \times ۷۶ \times ۱۰^{-3} + ۰/۰۵V_2 = ۰/۰۲ \times 3 \Rightarrow V_2 = ۰/۸۱۶L = ۸۱۶mL$$

۹ ۱ انحلال‌پذیری پتاسیم دی‌کرومات در دماهای $70^\circ C$ و $50^\circ C$ به ترتیب ۵۰ و ۳۰ گرم در ۱۰۰ گرم آب است و انحلال‌پذیری پتاسیم کلرات در دماهای $70^\circ C$ و $50^\circ C$ به ترتیب ۳۰ و ۱۵ گرم در ۱۰۰ گرم آب است، پس در دمای $70^\circ C$ و $50^\circ C$ به ترتیب ۸۰ و ۴۵ گرم از این دو نمک در ۱۰۰ گرم آب حل می‌شود و با سرد کردن ۱۸۰ گرم محلول سیرشده از این دو نمک از دمای $70^\circ C$ به $50^\circ C$، مقدار ۳۵ گرم رسوب تشکیل می‌شود و ۱۴۵ گرم محلول باقی می‌ماند که ۴۵ گرم آن نمک و ۱۰۰ گرم آن آب است، پس درصد جرمی آب در این محلول در دمای $50^\circ C$ برابر است با: $\text{درصد جرمی آب} = \frac{100}{145} \times ۱۰۰ \simeq \%۶۹$

۱۰ ۳ غلظت مولار محلول در شاخهٔ سمت راست برابر است با: $\text{غلظت مولار} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 32 \times \frac{4}{3}}{160} = \frac{8}{3}\,mol.L^{-1}$

غلظت مولار محلول در شاخهٔ سمت چپ را باید به‌دست آوریم:

$$?\,mol\,CuSO_4 = ۱۰۸۰g\,CuSO_4\,\text{محلول} \times \frac{80g\,CuSO_4}{180g\,CuSO_4\,\text{محلول}} \times \frac{1\,mol\,CuSO_4}{160g\,CuSO_4} = 3\,mol\,CuSO_4$$

$$?\,L\,CuSO_4\,\text{محلول} = ۱۰۸۰g\,CuSO_4\,\text{محلول} \times \frac{1mL\,CuSO_4\,\text{محلول}}{۱/۸g\,CuSO_4\,\text{محلول}} \times \frac{1L\,CuSO_4\,\text{محلول}}{1000mL\,CuSO_4\,\text{محلول}} = ۰/۶L\,CuSO_4\,\text{محلول}$$

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{3(mol)}{۰/۶(L)} = 5\,mol.L^{-1}$$

با توجه به فرایند اسمز باید غلظت دو شاخه با هم برابر شود و آب از سمت محلول رقیق‌تر به سمت محلول غلیظ‌تر برود:

لولهٔ چپ: $V_L = ۶۰۰mL,\quad M_L = 5mol.L^{-1},\quad n_L = 3mol$ — لولهٔ راست: $V_R = ۴۵۰mL,\quad M_R = \frac{8}{3}mol.L^{-1},\quad n_R = ۱/۲mol$

$$\Rightarrow M'_R = M'_L \Rightarrow \frac{n_R}{V_R - x} = \frac{n_L}{V_L + x} \Rightarrow \frac{۱/۲}{۴۵۰-x} = \frac{3}{۶۰۰+x} \Rightarrow ۷۲۰ + ۱/۲x = ۱۳۵۰ - 3x \Rightarrow ۴/۲x = ۶۳۰ \Rightarrow x = ۱۵۰mL$$

پس ۱۵۰ میلی‌لیتر آب از شاخهٔ سمت راست به شاخهٔ سمت چپ می‌رود و اختلاف حجم محلول در شاخه‌ها به ۴۵۰ میلی‌لیتر می‌رسد. با توجه به رابطهٔ حجم استوانه، اختلاف ارتفاع در دو شاخه برابر است با: $\Delta V = \pi r^2 \Delta h \Rightarrow ۴۵۰ = 3 \times 2^2 \times \Delta h \Rightarrow \Delta h = ۳۷/۵cm$

پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع فصل چهارم

فصل چهارم: آزمون کنکور

۱ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2HCl(aq)+FeS(s)\rightarrow FeCl_2(aq)+H_2S(g)$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,FeS=448mL\,H_2S\times\frac{1\,mol\,H_2S}{22400mL\,H_2S}\times\frac{1\,mol\,FeS}{1\,mol\,H_2S}\times\frac{88g\,FeS}{1\,mol\,FeS}=1/76g\,FeS$$

$$\text{درصد خلوص}=\frac{\text{جرم مادهٔ خالص}}{\text{جرم مادهٔ ناخالص}}\times100\Rightarrow FeS\text{ درصد خلوص}=\frac{\text{خالص }1/76g}{\text{ناخالص }3/15g}\times100\simeq\%56$$

قسمت دوم:

$$?\,g\,FeCl_2=448mL\,H_2S\times\frac{1\,mol\,H_2S}{22400mL\,H_2S}\times\frac{1\,mol\,FeCl_2}{1\,mol\,H_2S}\times\frac{127g\,FeCl_2}{1\,mol\,FeCl_2}=2/54g\,FeCl_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم FeS ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم }H_2S}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}=\frac{\text{جرم }FeCl_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{3/15\times\frac{P}{100}}{1\times88}=\frac{448}{1\times22400}=\frac{\text{جرم }FeCl_2}{1\times127}$$

$$\Rightarrow P\simeq\%56\text{ و جرم }FeCl_2=2/54g$$

۲ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش مورد نظر به صورت زیر است:

$$(NH_4)_2SO_4(aq)+BaCl_2(aq)\rightarrow BaSO_4(s)+2NH_4Cl(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم $(NH_4)_2SO_4$ موجود در ۳۳ گرم کود شیمیایی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,(NH_4)_2SO_4=0/2mol\,BaSO_4\times\frac{1\,mol\,(NH_4)_2SO_4}{1\,mol\,BaSO_4}\times\frac{132g\,(NH_4)_2SO_4}{1\,mol\,(NH_4)_2SO_4}=26/4g\,(NH_4)_2SO_4$$

$$\%(NH_4)_2SO_4=\frac{\text{جرم }(NH_4)_2SO_4}{\text{جرم نمونهٔ کود}}\times100=\frac{26/4g}{33g}\times100=\%80$$

روش دوم (تناسب): درصد $(NH_4)_2SO_4$ را در نمونهٔ کود شیمیایی برابر $\%P$ در نظر می‌گیریم و مقدار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم }(NH_4)_2SO_4\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول }BaSO_4}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{33\times\frac{P}{100}}{1\times132}=\frac{0/2}{1}\Rightarrow P=\%80$$

۳ ۳ ابتدا معادلهٔ واکنش را موازنه می‌کنیم:

$$Ca(H_2PO_4)_2(s)+2NaHCO_3(s)\rightarrow CaHPO_4(s)+Na_2HPO_4(s)+2CO_2(g)+2H_2O(g)$$

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده در این واکنش برابر ۹ است.

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NaHCO_3\text{ ناخالص}=68g\,CaHPO_4\times\frac{1\,mol\,CaHPO_4}{136g\,CaHPO_4}\times\frac{2mol\,NaHCO_3}{1\,mol\,CaHPO_4}\times\frac{84g\,NaHCO_3\text{ خالص}}{1\,mol\,NaHCO_3}\times\frac{100g\,NaHCO_3\text{ ناخالص}}{96g\,NaHCO_3\text{ خالص}}$$

$$=87/5g\,NaHCO_3\text{ ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }NaHCO_3\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }CaHPO_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x\,g\,NaHCO_3\times\frac{96}{100}}{84\times2}=\frac{68}{136\times1}\Rightarrow x=87/5g\,NaHCO_3\text{(ناخالص)}$$

۴ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2CaSO_4(s)\xrightarrow{\Delta}2CaO(s)+2SO_2(g)+O_2(g)$$

با توجه به اطلاعات صورت سؤال، برای محاسبهٔ جرم کلسیم سولفات خالص می‌توان نوشت:

راه اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaSO_4=13/44L\,gas\times\frac{1\,mol\,gas}{22/4L\,gas}\times\frac{2mol\,CaSO_4}{3mol\,gas}\times\frac{136g\,CaSO_4}{1\,mol\,CaSO_4}=54/4g\,CaSO_4$$

راه دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{حجم گاز}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}=\frac{\text{جرم }CaSO_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{13/44}{22/4\times3}=\frac{x\,g\,CaSO_4}{136\times2}\Rightarrow x=54/4\,g\,CaSO_4$$

بنابراین جرم کل مخلوط اولیه برابر با ۶۸ (۱۳/۶+۵۴/۴) گرم بوده و درصد خلوص کلسیم سولفات در نمونهٔ اولیه برابر است با:

$$\text{درصد خلوص }CaSO_4=\frac{54/4}{68}\times100=80$$

۵ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $NH_4Cl(aq)+NaNO_2(aq)\rightarrow N_2(g)+2H_2O(l)+NaCl(aq)$

راه اول (کسر تبدیل): $?\,L\,N_2=13/8\,g\,NaNO_2\times\frac{1\,mol\,NaNO_2}{69\,g\,NaNO_2}\times\frac{1\,mol\,N_2}{1\,mol\,NaNO_2}\times\frac{28\,g\,N_2}{1\,mol\,N_2}\times\frac{1\,L\,N_2}{1/2\,g\,N_2}\times\frac{R}{100}=3/36\,L\,N_2\Rightarrow R=\%72$

راه دوم (کسر تناسب): $\frac{\text{جرم }NaNO_2\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم گاز}\times\text{چگالی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{13/8\times\frac{R}{100}}{69\times1}=\frac{3/36\times1/2}{28\times1}\Rightarrow R=\%72$

۶ ۲ **قسمت اول:** موازنهٔ واکنش را با عنصر Cl شروع کرده و با Sn ادامه می‌دهیم: $HNO_3+6HCl+1Sn\rightarrow1H_2SnCl_6+NO_2+H_2O$

در ادامه به جای ضرایب مجهول، حروف a، b و c قرار داده و با تشکیل معادله، آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$a\,HNO_3+6HCl+1Sn\rightarrow1H_2SnCl_6+b\,NO_2+c\,H_2O$$

$$\begin{cases}H: a+6=2+2c\\ N: a=b\\ O: 3a=2b+c\end{cases}\Rightarrow a=b=c=4$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $4HNO_3+6HCl+1Sn\rightarrow H_2SnCl_6+4NO_2+4H_2O$

مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش برابر ۲۰ است.

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,NO_2(\text{نظری})=89/25\,g\,Sn\times\frac{1\,mol\,Sn}{119\,g\,Sn}\times\frac{4\,mol\,NO_2}{1\,mol\,Sn}\times\frac{46\,g\,NO_2}{1\,mol\,NO_2}=138\,g\,NO_2(\text{نظری})$

$\text{بازده واکنش}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100=\frac{124/2}{138}\times100=\%90$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم Sn مصرفی}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }NO_2\text{ تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{89/25\times\frac{R}{100}}{119\times1}=\frac{124/2}{46\times4}\Rightarrow R=\%90$

۷ ۲ معادلهٔ موازنه شده به‌صورت مقابل است: $2KMnO_4+16HI\rightarrow2MnI_2+8H_2O+2KI+5I_2$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,I_2(\text{نظری}):3/95\,g\,KMnO_4\times\frac{1\,mol\,KMnO_4}{158\,g\,KMnO_4}\times\frac{5\,mol\,I_2}{2\,mol\,KMnO_4}\times\frac{254\,g\,I_2}{1\,mol\,I_2}=15/875\,g\,I_2(\text{نظری})$

$\text{بازده واکنش}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100=\frac{12/7}{15/875}\times100=\%80$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم }KMnO_4\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }I_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{3/95\times\frac{R}{100}}{2\times158}=\frac{12/7}{2\times254}\Rightarrow R=\%80$

۸ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت مقابل است:

۱) $Fe(s)+H_2SO_4(aq)\rightarrow FeSO_4(aq)+H_2(g)$

۲) $FeSO_4(aq)+Ba(NO_3)_2(aq)\rightarrow Fe(NO_3)_2(aq)+BaSO_4(s)$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا تعداد مول نمک $FeSO_4$ تولیدی در واکنش اول را محاسبه می‌کنیم:

$?\,g\,FeSO_4=0/04\,mol\,H_2SO_4\times\frac{1\,mol\,FeSO_4}{1\,mol\,H_2SO_4}=0/04\,mol\,FeSO_4$

سپس جرم $BaSO_4$ تولید شده در واکنش دوم را محاسبه می‌کنیم:

$?\,g\,BaSO_4=0/04\,mol\,FeSO_4\times\frac{1\,mol\,BaSO_4}{1\,mol\,FeSO_4}\times\frac{233\,g\,BaSO_4}{1\,mol\,BaSO_4}\times\underbrace{\frac{62/5}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=5/825\,g\,BaSO_4$

روش دوم (تناسب): با توجه به یکسان بودن ضریب $FeSO_4$ در دو واکنش، می‌توان نتیجه گرفت به ازای مصرف یک مول H_2SO_4 در واکنش (۱)، یک مول رسوب $BaSO_4$ تولید می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$\frac{\text{مول }H_2SO_4\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }BaSO_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{0/04\times\frac{62/5}{100}}{1}=\frac{x\,g\,BaSO_4}{1\times233}\Rightarrow x=5/825\,g\,BaSO_4$

۹ **۳** معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش، به‌صورت زیر است:

$$۵FeCl_۲(aq)+KMnO_۴(aq)+۸HCl(aq)\rightarrow ۵FeCl_۳(aq)+MnCl_۲(aq)+KCl(aq)+۴H_۲O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل): درصد خلوص $KMnO_۴$ را $P_۱$ و درصد خلوص $FeCl_۲$ را $P_۲$ فرض کرده و آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times ۱۰۰\Rightarrow ۸۰=\frac{۳/۲}{\text{مقدار نظری}}\times ۱۰۰\Rightarrow \text{مقدار نظری}=۴mol\ MnCl_۲$$

$$?\,g\ KMnO_۴\ \text{ناخالصی}=۴mol\ MnCl_۲\times\frac{۱mol\ KMnO_۴}{۱mol\ MnCl_۲}\times\frac{۱۵۸\,g\ KMnO_۴}{۱mol\ KMnO_۴}\times\frac{۱۰۰}{P_۱}=۷۹۰\,g\ KMnO_۴\Rightarrow P_۱=٪۸۰$$

$$?\,g\ FeCl_۲\ \text{ناخالصی}=۴mol\ MnCl_۲\times\frac{۵mol\ FeCl_۲}{۱mol\ MnCl_۲}\times\frac{۱۲۷g\ FeCl_۲}{۱mol\ FeCl_۲}\times\frac{۱۰۰}{P_۲}=۳۱۷۵g\ FeCl_۲\Rightarrow P_۲=٪۸۰$$

پس نسبت درصد خلوص $KMnO_۴$ $(P_۱)$ به درصد خلوص $FeCl_۲$ $(P_۲)$ برابر ۱ است.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{KMnO_۴\ \text{جرم}\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{MnCl_۲\ \text{مول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۷۹۰\times\frac{P_۱}{۱۰۰}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱۵۸\times ۱}=\frac{۳/۲}{۱}\Rightarrow P_۱=٪۸۰$$

$$\frac{FeCl_۲\ \text{جرم}\times\frac{P}{۱۰۰}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{MnCl_۲\ \text{مول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۳۱۷۵\times\frac{P_۲}{۱۰۰}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱۲۷\times ۵}=\frac{۳/۲}{۱}\Rightarrow P_۲=٪۸۰$$

نسبت درصد خلوص دو واکنش‌دهنده برابر ۱ است.

۱۰ **۲** با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش $۲NaHCO_۳\rightarrow Na_۲CO_۳+CO_۲+H_۲O$، به ازای مصرف ۲ مول $NaHCO_۳$، ۱ مول $CO_۲$ (جرم ۴۴ گرم) و ۱ مول $H_۲O$ (جرم ۱۸ گرم) تولید می‌شود که تفاوت جرم فراورده‌ها برابر با $۲۶g$ $(۱۸-۴۴)$ می‌شود؛ بنابراین داریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\ NaHCO_۳=۱۰/۴g\ \text{تفاوت جرم}\times\frac{\overbrace{۱۰۰}^{\text{بازده}}}{۶۴}\times\frac{۲mol\ NaHCO_۳}{۲۶g\ \text{تفاوت جرم}}=۱/۲۵mol\ NaHCO_۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{ضریب}}{NaHCO_۳\ \text{مول}\times\frac{R}{۱۰۰}}=\frac{\text{تفاوت جرم فراورده‌ها}}{۲۶}\Rightarrow\frac{x\ mol\ NaHCO_۳\times\frac{۶۴}{۱۰۰}}{۲}=\frac{۱۰/۴}{۲۶}\Rightarrow x=۱/۲۵mol\ NaHCO_۳$$

۱۱ **۳** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

$$TiO_۲(s)+۲C(s)+۲Cl_۲(g)\rightarrow TiCl_۴(s)+۲CO(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ \text{فراورده}=۴/۸g\ C\times\frac{۱mol\ C}{۱۲g\ C}\times\frac{(۱\times ۱۹۰)+(۲\times ۲۸)g\ \text{فراورده}}{۲mol\ C}\times\frac{۶۰}{۱۰۰}=۲۹/۵۲g\ \text{فراورده}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C\ \text{جرم}\times\text{بازده درصدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم فراورده‌ها}}{\text{جرم مولی فراورده‌ها}}\Rightarrow\frac{۴/۸\times\frac{۶۰}{۱۰۰}}{۲\times ۱۲}=\frac{x\,g\ \text{فراورده}}{(۱\times ۱۹۰)+(۲\times ۲۸)}\Rightarrow x=۲۹/۵۲g\ \text{فراورده}$$

۱۲ **۴** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

$$۲NO(g)+۲H_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۲H_۲O(g)$$

با توجه به اطلاعات سؤال داریم (درصد تبدیل واکنش‌دهنده‌ها را برابر R٪ در نظر می‌گیریم):

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ \text{فراورده}=۱۳/۴۴L\,(NO,H_۲)\times\frac{R}{۱۰۰}\times\frac{۱mol\,(NO,H_۲)}{۲۲/۴L\,(NO,H_۲)}\times\frac{(۱\times ۲۸+۲\times ۱۸)g\ \text{فراورده}}{(۲+۲)mol\,(NO,H_۲)}=۳/۸۴g\ \text{فراورده}\Rightarrow R=٪۴۰$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{NO,H_۲\ \text{مجموع حجم}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{حجم مولی}\times\text{مجموع ضرایب}\ NO,H_۲}=\frac{\text{مجموع جرم فراورده‌ها}}{\text{مجموع جرم مولی در ضریب فراورده‌ها}}\Rightarrow\frac{۱۳/۴۴\times\frac{R}{۱۰۰}}{(۲+۲)\times ۲۲/۴}=\frac{۳/۸۴}{(۱\times ۲۸)+(۲\times ۱۸)}\Rightarrow R=٪۴۰$$

۱۳ **۲** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$۲CaSO_۴(s)\xrightarrow{\Delta}۲CaO(s)+۲SO_۲(g)+O_۲(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم CaO را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ CaO=۴۰/۸g\ CaSO_۴\times\frac{۱mol\ CaSO_۴}{۱۳۶g\ CaSO_۴}\times\frac{۲mol\ CaO}{۲mol\ CaSO_۴}\times\frac{۵۶g\ CaO}{۱mol\ CaO}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}=۱۳/۴۴g\ CaO$$

$$?\,g\ \text{گاز}\,(SO_۲\ \text{و}\ O_۲)=۴۰/۸g\ CaSO_۴\times\frac{۱mol\ CaSO_۴}{۱۳۶g\ CaSO_۴}\times\frac{(۲\times ۶۴)+(۱\times ۳۲)g\ \text{گاز}}{۲mol\ CaSO_۴}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}=۱۹/۲g\ \text{گاز}$$

تفاوت جرم CaO و گازهای تولیدی $(SO_۲\ \text{و}\ O_۲)$ برابر $۵/۷۶g$ $(۱۹/۲-۱۳/۴۴)$ است.

روش دوم (تناسب): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به ازای مصرف ۲ مول $CaSO_4$، به‌ترتیب ۲، ۲ و ۱ مول $CaO(s)$، $SO_2(g)$ و $O_2(g)$ تولید می‌شود که جرم آن‌ها به‌ترتیب برابر ۱۱۲g، ۱۲۸g و ۳۲g است و به این ترتیب جرم جامد تولیدی (یعنی CaO) برابر ۱۱۲g و جرم گازهای تولیدی (یعنی SO_2 و O_2) برابر ۱۶۰g(۱۲۸+۳۲) می‌باشد که اختلاف جرم آن‌ها برابر ۴۸g است.

$$\frac{\text{جرم } CaSO_4 \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{اختلاف جرم فراورده‌های جامد و گاز}}{48 \times 1} \Rightarrow \frac{40/8 \times \frac{80}{100}}{136 \times 2} = \frac{xg}{48 \times 1} \Rightarrow x = 5/76g$$

۳ ۱۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$I)\ (NH_4)_2CO_3(s) \rightarrow 2NH_3(g) + CO_2(g) + H_2O(g)$$

$$II)\ 2LiHCO_3(s) \rightarrow Li_2CO_3(s) + CO_2(g) + H_2O(g)$$

قسمت اول: ابتدا از حجم گاز آمونیاک تولید شده در واکنش (I)، جرم بخار آب تولید شده در این واکنش و همچنین جرم بخار آب تولید شده در واکنش (II) را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم } H_2O \text{ تولید شده در واکنش (I)} = 11/2L\ NH_3 \times \frac{1mol\ NH_3}{22/4L\ NH_3} \times \frac{1mol\ H_2O}{2mol\ NH_3} \times \frac{18g\ H_2O}{1mol\ H_2O} = 4/5g\ H_2O$$

$$\frac{\text{جرم } H_2O \text{ در واکنش (II)}}{\text{جرم } H_2O \text{ در واکنش (I)}} = 5 \Rightarrow \frac{\text{جرم } H_2O \text{ در واکنش (II)}}{4/5} = 5 \Rightarrow \text{جرم } H_2O \text{ در واکنش (II)} = 22/5g$$

اکنون جرم یون کربنات موجود در فراوردهٔ واکنش دوم را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\ CO_3^{2-} = 22/5g\ H_2O \times \frac{1mol\ H_2O}{18g\ H_2O} \times \frac{1mol\ Li_2CO_3}{1mol\ H_2O} \times \frac{1mol\ CO_3^{2-}}{1mol\ Li_2CO_3} \times \frac{60g\ CO_3^{2-}}{1mol\ CO_3^{2-}} = 75g\ CO_3^{2-}$$

قسمت دوم: در واکنش (I) تمام فراورده‌ها گازی هستند؛ بنابراین جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (I) برابر با جرم $(NH_4)_2CO_3$ تجزیه‌نشده است:

$$\text{جرم } (NH_4)_2CO_3 \text{ باقی‌مانده} = 17g\ (NH_4)_2CO_3 \times \frac{20}{100} = 3/4g \text{ (جرم جامد برجای مانده)}$$

جرم جامد برجای مانده در واکنش (II) نیز برابر است با جرم فراوردهٔ جامد تولید شده به همراه جرم واکنش‌دهندهٔ تجزیه‌نشده:

$$\text{جرم جامد } LiHCO_3 \text{ تجزیه‌شده} = 17g\ LiHCO_3 \times \frac{20}{100} = 3/4g \text{ (جرم جامد برجای مانده)}$$

$$\text{جرم جامد } Li_2CO_3 \text{ تولیدی} = 17g\ LiHCO_3 \times \frac{80}{100} \times \frac{1mol\ LiHCO_3}{68g\ LiHCO_3} \times \frac{1mol\ Li_2CO_3}{2mol\ LiHCO_3} \times \frac{74g\ Li_2CO_3}{1mol\ Li_2CO_3} = 7/4g\ Li_2CO_3$$

$$\text{جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (II)} = 7/4g + 3/4g = 10/8g$$

نسبت خواسته شده در مسئله برابر است با:

$$\frac{\text{جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (II)}}{\text{جرم جامد باقی‌مانده در واکنش (I)}} = \frac{10/8g}{3/4g} \simeq 3/18$$

۳ ۱۵ ابتدا جرم اولیهٔ پودر روی را m در نظر گرفته و مقدار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم ناخالصی} = \text{پودر mg} \times \frac{\text{ناخالصی } 35g}{\text{پودر } 100g} = (0/35m)g \text{ ناخالصی}$$

$$\text{جرم } Ag \text{ تولیدی} = \text{پودر mg} \times \frac{65g\ Zn}{\text{پودر } 100g} \times \frac{1mol\ Zn}{65g\ Zn} \times \frac{2mol\ Ag}{1mol\ Zn} \times \frac{108g\ Ag}{1mol\ Ag} = (2/16m)g\ Ag$$

طبق توضیحات تست، مجموع جرم ناخالصی و نقرهٔ تولیدی برابر 50/2g است؛ پس خواهیم داشت:

$$0/35m + 2/16m = 50/2 \Rightarrow 2/51m = 50/2 \Rightarrow m = 20$$

در ادامه، از جرم پودر، جرم NO_3^- موجود در محلول اولیهٔ نقره نیترات را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\ NO_3^- = 20g \text{ پودر} \times \frac{65g\ Zn}{\text{پودر } 100g} \times \frac{1mol\ Zn}{65g\ Zn} \times \frac{2mol\ NO_3^-}{1mol\ Zn} \times \frac{62g\ NO_3^-}{1mol\ NO_3^-} = 24/8g\ NO_3^-$$

در آخر غلظت ppm یون NO_3^- را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم یون } NO_3^-}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{24/8}{2000} \times 10^6 = 12400ppm$$

۱ ۱۶ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده به‌صورت زیر است:

$$I)\ 2KMnO_4(s) \rightarrow K_2MnO_4(s) + MnO_2(s) + O_2(g) \qquad II)\ 3FeCO_3(s) \rightarrow Fe_3O_4(s) + 2CO_2(g) + CO(g)$$

(حواستان باشد: برای موازنهٔ واکنش (II) به Fe_3O_4 ضریب (۱) و به $FeCO_3$ ضریب (۳) می‌دهیم و به جای ضرایب CO_2 و CO پارامترهای a و b را قرار می‌دهیم؛ در مرحلهٔ بعد با نوشتن معادلات مربوط به موازنهٔ اتم‌های C و O، این پارامترها را به‌دست می‌آوریم.)

با توجه به اینکه شمار مول‌های گازهای O_2 و CO_2 برابر است، به منظور برابر شدن ضریب استوکیومتری گازهای O_2 و CO_2 در دو واکنش، کلیهٔ ضرایب واکنش (I) را در ۲ ضرب کرده و روابط استوکیومتری را به‌طور مستقیم میان $KMnO_4$ و $FeCO_3$ می‌نویسیم. $(4mol\ KMnO_4 \sim 3mol\ FeCO_3)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,FeCO_3\text{ ناخالص} = 63/2\,g\,KMnO_4 \times \underbrace{\frac{2P}{100}}_{\text{درصد خلوص } KMnO_4} \times \underbrace{\frac{R}{100}}_{\text{بازده واکنش (I)}} \times \frac{1\,mol\,KMnO_4}{158\,g\,KMnO_4} \times \frac{3\,mol\,FeCO_3}{4\,mol\,KMnO_4}$$

$$\times \frac{116\,g\,FeCO_3}{1\,mol\,FeCO_3} \times \underbrace{\frac{100}{P}}_{\text{درصد خلوص } FeCO_3} \times \underbrace{\frac{100}{1/2R}}_{\text{بازده واکنش (II)}} = 58\,g\,FeCO_3\text{ ناخالص}$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم } KMnO_4 \times \frac{2P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } FeCO_3 \times \frac{P}{100} \times \frac{1/2R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{63/2 \times 2P \times R}{4 \times 158 \times 100 \times 100} = \frac{x \times P \times 1/2R}{3 \times 116 \times 100 \times 100} \Rightarrow x = 58\,g\,FeCO_3\text{ ناخالص}$$

۱۷ **۴** سومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، بوتین (C_4H_6) و سومین عضو خانوادهٔ آلکان‌ها، پروپان (C_3H_8) است.

روش اول: ابتدا جرم ۸۹/۶ لیتر از هر کدام از گازهای بوتین و پروپان را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,C_4H_6 = 89/6\,L\,C_4H_6 \times \frac{1\,mol\,C_4H_6}{22/4\,L\,C_4H_6} \times \frac{54\,g\,C_4H_6}{1\,mol\,C_4H_6} = 216\,g\,C_4H_6$$

$$?\,g\,C_3H_8 = 89/6\,L\,C_3H_8 \times \frac{1\,mol\,C_3H_8}{22/4\,L\,C_3H_8} \times \frac{44\,g\,C_3H_8}{1\,mol\,C_3H_8} = 176\,g\,C_3H_8$$

تفاوت جرم این دو گاز برابر $40\,g$ $(176-216)$ است.

روش دوم: ابتدا تفاوت جرم مولی بوتین و پروپان را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{تفاوت جرم مولی بوتین و پروپان} = \underbrace{(54\,g.mol^{-1})}_{C_4H_6} - \underbrace{(44\,g.mol^{-1})}_{C_3H_8} = 10\,g.mol^{-1}$$

سپس به یکی از روش‌های زیر، تفاوت جرم ۸۹/۶ لیتر از دو گاز را در یک مرحله محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,(\text{اختلاف جرم}) = 89/6\,L\,\text{گاز} \times \frac{1\,mol\,\text{گاز}}{22/4\,L\,\text{گاز}} \times \frac{10\,g\,(\text{اختلاف جرم})}{1\,mol\,\text{گاز}} = 40\,g\,(\text{اختلاف جرم})$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم گاز}}{\text{حجم مولی گازها}} = \frac{\text{اختلاف جرم گازها}}{10} \Rightarrow \frac{89/6}{22/4} = \frac{\text{اختلاف جرم گازها}}{10} \Rightarrow \text{اختلاف جرم گازها} = 40\,g$$

بررسی جرم مولی ترکیبات ذکر شده در گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): جرم مولی اتان (C_2H_6) برابر $30\,g.mol^{-1}$ است. گزینهٔ (۲): جرم مولی اتین (C_2H_2) برابر $26\,g.mol^{-1}$ است. گزینهٔ (۳): دومین عضو خانوادهٔ آلکن‌ها، پروپن (C_3H_6) است و جرم مولی آن برابر $42\,g.mol^{-1}$ می‌باشد. گزینهٔ (۴): دومین عضو خانوادهٔ آلکین‌ها، پروپین (C_3H_4) است و جرم مولی آن برابر $40\,g.mol^{-1}$ می‌باشد.

۱۸ **۲** فرمول مولکولی آلکان X و آلکن Y را به‌ترتیب C_nH_{2n+2} و C_mH_{2m} در نظر می‌گیریم:

$$\text{نسبت شمار اتم‌های H به C در آلکن Y} = \frac{2m}{m} = 2 \qquad \text{تفاوت شمار اتم H و C در آلکان X} = (2n+2) - n = n+2$$

نسبت این دو برابر ۳ بوده و در نتیجه $n=4$ است:

$$\frac{n+2}{2} = 3 \Rightarrow n = 4$$

پس فرمول مولکولی آلکان X به‌صورت C_4H_{10} است. با توجه به اینکه جرم مولی آلکان X، ۳۰ گرم بیشتر از آلکن Y است، داریم:

$$(\text{جرم مولی } C_4H_{10}) = (\text{جرم مولی Y}) + 30 \Rightarrow 58 = (14m) + 30 \Rightarrow m = 2$$

فرمول مولکولی آلکن Y نیز به‌صورت C_2H_4 بوده و معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن کامل این دو هیدروکربن به‌صورت زیر است:

$$I)\ 1\underline{C_4H_{10}} + \frac{13}{2}O_2 \rightarrow 4CO_2 + 5\underline{H_2O} \qquad II)\ 1\underline{C_2H_4} + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2\underline{H_2O}$$

(حواستان باشد، با توجه به داده و خواستهٔ سؤال، نیازی به موازنهٔ کامل واکنش‌ها نیست و تنها کافی است ضرایب هیدروکربن و H_2O را تعیین کنید.)

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم H_2O حاصل از هر واکنش را به‌دست آورده و سپس تفاوت جرم آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} ?\,g\,H_2O\,(I) = 0/2\,mol\,C_4H_{10} \times \frac{5\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_4H_{10}} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 18\,g\,H_2O \\ ?\,g\,H_2O\,(II) = 0/2\,mol\,C_2H_4 \times \frac{2\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_2H_4} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 7/2\,g\,H_2O \end{cases} \Rightarrow H_2O\text{ تفاوت جرم} = 10/8\,g$$

روش دوم (تستی): به ازای ۱ مول از هر هیدروکربن، تفاوت شمار مول‌های H_2O تولیدی برابر ۳ است، بنابراین داریم:

$$?\,g\,H_2O = 0/2\,mol\,\text{هیدروکربن} \times \frac{3\,mol\,H_2O}{1\,mol\,\text{هیدروکربن}} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 10/8\,g$$

۱۹ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل C_8H_n به‌صورت مقابل است: $C_8H_n+(\frac{n}{4}+8)O_2\rightarrow 8CO_2+\frac{n}{2}H_2O$

ابتدا مقدار n و در نتیجه فرمول هیدروکربن مورد نظر را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,H_2O=0/1\,mol\,C_8H_n\times\frac{\frac{n}{2}\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_8H_n}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=10/8\,g\,H_2O\Rightarrow n=12$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{مول } C_8H_n}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{0/1}{1}=\frac{10/8}{18\times\frac{n}{2}}\Rightarrow n=12$

پس فرمول هیدروکربن غیرحلقوی مورد نظر به‌صورت C_8H_{12} است. همان‌طور که می‌دانید هیدروکربن غیرحلقوی سیرشده همان آلکان با فرمول C_nH_{2n+2} است (C_8H_{18}). برای تبدیل یک مول C_8H_{12} به یک مول C_8H_{18}، به ۶ مول اتم H نیاز است. $\text{جرم H مورد نیاز}=6\,mol\,H\times\frac{1\,g\,H}{1\,mol\,H}=6\,g\,H$

۲۰ ۱ **روش اول (کسر تبدیل):** ابتدا مقدار نظری CO_2 را در واکنش تجزیهٔ کلسیم کربنات محاسبه می‌کنیم: $CaCO_3(s)\rightarrow CaO(s)+CO_2(g)$

$?\,g\,CO_2(\text{نظری})=10\,g\,CaCO_3\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=4/4\,g\,CO_2(\text{نظری})$

طبق توضیحات تست، مقدار عملی CO_2 در واکنش تجزیهٔ کلسیم کربنات، برابر مقدار CO_2 حاصل از سوختن کامل ۰/۰۳ مول پروپان (C_3H_8) است، پس در این مرحله مقدار عملی CO_2 را به‌دست می‌آوریم: $C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(g)$

$?\,g\,CO_2(\text{عملی})=0/03\,mol\,C_3H_8\times\frac{3\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_3H_8}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=3/96\,g\,CO_2(\text{عملی})$

اکنون بازده درصدی واکنش تجزیهٔ کلسیم کربنات را محاسبه می‌کنیم: $\text{بازده درصدی واکنش}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times 100=\frac{3/96}{4/4}\times 100=\%90$

روش دوم (تناسب): به معادلهٔ واکنش‌ها توجه کنید:

۱) $CaCO_3(s)\rightarrow CaO(s)+CO_2(g)$

۲) $C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(g)$

با توجه به یکسان بودن مقدار CO_2 تولیدی در دو واکنش، با یکسان کردن ضریب CO_2 در دو واکنش می‌توان نتیجه گرفت که مقدار عملی CO_2 حاصل از تجزیهٔ ۳ مول کلسیم کربنات، معادل مقدار CO_2 حاصل از سوختن یک مول پروپان است؛ بنابراین خواهیم داشت: $3\,mol\,CaCO_3\sim 1\,mol\,C_3H_8$

$\frac{\text{جرم کلسیم کربنات}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول پروپان}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{10\times\frac{R}{100}}{3\times 100}=\frac{0/03}{1}\Rightarrow R=\%90$

۲۱ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل نخستین (CH_4) و دومین (C_2H_6) عضو از خانوادهٔ آلکان‌ها به‌صورت زیر است:

I) $CH_4+2O_2\rightarrow CO_2+2H_2O$ II) $2C_2H_6+7O_2\rightarrow 4CO_2+6H_2O$

حواستان باشد که نسبت جرم O_2 در دو واکنش با نسبت مول O_2 در دو واکنش برابر است؛ پس با توجه به اطلاعات سؤال، اگر مول O_2 مصرفی در واکنش (II) برابر a باشد، مقدار O_2 مصرفی در واکنش (I) برابر 3a مول است؛ در نتیجه داریم: $?\,g\,CH_4=3a\,mol\,O_2\times\frac{1\,mol\,CH_4}{2\,mol\,O_2}\times\frac{16\,g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}=(24a)\,g\,CH_4$

$?\,g\,C_2H_6=a\,mol\,O_2\times\frac{2\,mol\,C_2H_6}{7\,mol\,O_2}\times\frac{30\,g\,C_2H_6}{1\,mol\,C_2H_6}=(\frac{60}{7}a)\,g\,C_2H_6$

در نتیجه نسبت خواسته شده در صورت سؤال برابر است با: $\frac{\text{جرم آلکان سبک‌تر }(CH_4)}{\text{جرم آلکان سنگین‌تر }(C_2H_6)}=\frac{24a}{\frac{60}{7}a}=2/8$

۲۲ ۱ ابتدا حجم O_2 لازم برای سوختن کامل و سوختن ناقص ۷۲/۵ گرم بوتان را محاسبه می‌کنیم. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل بوتان به‌صورت زیر است: $2C_4H_{10}+13O_2\rightarrow 8CO_2+10H_2O$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,L\,O_2=72/5\,g\,C_4H_{10}\times\frac{1\,mol\,C_4H_{10}}{58\,g\,C_4H_{10}}\times\frac{13\,mol\,O_2}{2\,mol\,C_4H_{10}}\times\frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}=182\,L\,O_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم }C_4H_{10}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم }O_2}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{72/5}{2\times 58}=\frac{V}{22/4\times 13}\Rightarrow V=182\,L\,O_2$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن ناقص بوتان به‌صورت مقابل است: $2C_4H_{10}+9O_2\rightarrow 8CO+10H_2O$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,L\,O_2=72/5\,g\,C_4H_{10}\times\frac{1\,mol\,C_4H_{10}}{58\,g\,C_4H_{10}}\times\frac{9\,mol\,O_2}{2\,mol\,C_4H_{10}}\times\frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}=126\,L\,O_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم } C_4H_{10}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم } O_2}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{72/5}{2\times58}=\frac{V}{22/4\times9}\Rightarrow V=126\,L\,O_2$

سپس اختلاف حجم گاز O_2 مصرفی را به‌دست می‌آوریم: اختلاف حجم گاز اکسیژن مصرفی $=182-126=56\,L\,O_2$

روش دیگر: با توجه به معادله‌های واکنش سوختن کامل و ناقص بوتان می‌توان دریافت که به ازای سوختن کامل و ناقص دو مول C_4H_{10}، به‌ترتیب ۱۳ و ۹ مول اکسیژن مصرف می‌شود که اختلاف مقدار مول O_2 مصرفی برابر ۴ مول می‌باشد؛ بنابراین:

$$?\,L\,O_2(\text{اختلاف})=72/5\,g\,C_4H_{10}\times\frac{1\,mol\,C_4H_{10}}{58\,g\,C_4H_{10}}\times\frac{4\,mol\,O_2\ \text{اختلاف}}{2\,mol\,C_4H_{10}}\times\frac{22/4\,L\,O_2\ \text{اختلاف}}{1\,mol\,O_2\ \text{اختلاف}}=56\,L\,O_2(\text{اختلاف})$$

۲۳ | ۱ قسمت اول: معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش تبدیل اتین (C_2H_2) به اتان (C_2H_6) به‌صورت مقابل است: $C_2H_2(g)+2H_2(g)\rightarrow C_2H_6(g)$

از آنجا که همهٔ H_2 تولیدی در واکنش آلیاژ با محلول هیدروکلریک اسید در واکنش بالا مصرف می‌شود، بنابراین از مقدار مول اتین مصرفی، می‌توان به حجم گاز H_2 تولید شده پی برد: **روش اول (کسر تبدیل):** $?\,L\,H_2=0/1\,mol\,C_2H_2\times\frac{2\,mol\,H_2}{1\,mol\,C_2H_2}\times\frac{22/4\,L\,H_2}{1\,mol\,H_2}=4/48\,L\,H_2$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{مول اتین}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{حجم } H_2}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{0/1}{1}=\frac{x}{2\times22/4}\Rightarrow x=4/48\,L\,H_2$

قسمت دوم: مس (Cu) به دلیل واکنش‌پذیری اندک یا به عبارتی E° مثبت، با محلول هیدروکلریک‌اسید واکنش نمی‌دهد. این در حالی است که روی (Zn) با محلول هیدروکلریک‌اسید به‌صورت مقابل وارد واکنش می‌شود: $Zn(s)+2HCl(aq)\rightarrow ZnCl_2(aq)+H_2(g)$

به این ترتیب، از حجم H_2 تولیدی در قسمت قبل استفاده می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم Zn موجود در آلیاژ را محاسبه می‌کنیم: $?\,g\,Zn=4/48\,L\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{22/4\,L\,H_2}\times\frac{1\,mol\,Zn}{1\,mol\,H_2}\times\frac{65\,g\,Zn}{1\,mol\,Zn}=13\,g\,Zn$

بنابراین $27g\,(13-40)$ از این آلیاژ را فلز مس تشکیل می‌دهد.

اکنون درصد جرمی مس در آلیاژ را به‌دست می‌آوریم: $\text{درصد جرمی } Cu=\frac{\text{جرم } Cu}{\text{جرم آلیاژ}}\times100=\frac{27}{40}\times100=\%67/5$

روش دوم (تناسب): درصد جرمی روی موجود در آلیاژ را P در نظر می‌گیریم: $\frac{\text{جرم آلیاژ}\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی روی}}=\frac{\text{حجم } H_2}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{40\times\frac{P}{100}}{1\times65}=\frac{4/48}{1\times22/4}\Rightarrow P=\%32/5$

بنابراین درصد جرمی مس در این آلیاژ برابر $\%67/5\,(100-32/5)$ است.

۲۴ | ۲

نکته

به ازای هر پیوند $C=C$ موجود در ساختار، هر مول از هیدروکربن مورد نظر با یک مول Br_2 واکنش می‌دهد.

اگر در ساختار هیدروکربن x پیوند دوگانه وجود داشته باشد، هر مول از آن با x مول Br_2 واکنش می‌دهد.

روش اول (کسر تبدیل): $?\,mol\,Br_2=0/1\,mol\,\text{هیدروکربن}\times\frac{x\,mol\,Br_2}{1\,mol\,\text{هیدروکربن}}=1/3\,mol\,Br_2\Rightarrow x=13$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{مول هیدروکربن}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول } Br_2}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/1}{1}=\frac{1/3}{x}\Rightarrow x=13$

هیدروکربن مورد نظر ۱۳ پیوند دوگانه داشته و فرمول مولکولی آن به‌صورت زیر است:

$$C_nH_{2n+2-(2\times13)}\Rightarrow C_nH_{2n-24}\Rightarrow\text{جرم مولی}=14n-24=536\Rightarrow n=40$$

در نتیجه فرمول مولکولی هیدروکربن مورد نظر $C_{40}H_{56}$ است.

۲۵ | ۴ در واکنش سوختن هیدروکربن‌ها به‌صورت کامل، ناقص و یا نیمه‌کامل، تمامی اتم‌های کربن موجود در ساختار هیدروکربن، به فراورده‌های کربن‌دار (CO_2 یا CO) تبدیل می‌شوند؛ بنابراین برای موازنهٔ چنین واکنش‌هایی، می‌توانید از این نکته که مجموع ضرایب CO_2 و CO باید برابر شمار اتم‌های کربن هیدروکربن باشد، استفاده کنید. واکنش ذکر شده در صورت تست، سوختن نیمه‌کامل اوکتان است. می‌دانیم که در سوختن نیمه‌کامل هیدروکربن‌ها، افزون بر کربن دی‌اکسید و بخار آب، کربن مونوکسید نیز تولید می‌شود؛ بنابراین معادلهٔ واکنش کلی سوختن ناقص اوکتان به‌صورت مقابل خواهد بود: $C_8H_{18}+O_2\rightarrow CO_2+CO+H_2O$

از آن‌جایی که تمام اتم‌های کربن در اوکتان، به فراورده‌های CO_2 و CO تبدیل می‌شوند و با توجه به این نکته که میزان مول تولیدی هر ماده در معادلهٔ موازنه شده، متناسب با ضریب استوکیومتری آن است، براساس اطلاعات صورت تست، می‌توانیم نتیجه بگیریم که از سوختن هر مولکول اوکتان که حاوی ۸ اتم کربن است، ۳ اتم کربن آن به کربن مونوکسید و ۵ اتم کربن آن به کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شود؛ پس خواهیم داشت: $1C_8H_{18}+11O_2\rightarrow 5CO_2+3CO+9H_2O$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها، برابر ۱۷ است.

قسمت دوم: به ازای مصرف هر ۱۱ مول اکسیژن، ۵ مول کربن دی‌اکسید که $220g\ (5\times 44)$ جرم دارد و ۳ مول کربن مونوکسید که $84g\ (3\times 28)$ جرم دارد، تولید می‌شود؛ بنابراین اختلاف جرم CO_2 و CO تولیدی به ازای مصرف ۱۱ مول اکسیژن، برابر $136g\ (220g-84g)$ خواهد بود؛ پس خواهیم داشت:

$11\,mol\,O_2 \sim 136g\ (\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)$

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,g\ (\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)=0/27\,mol\,O_2\times\frac{136g\ (\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)}{11\,mol\,O_2}\simeq 3/34g\ (\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)$$

روش دوم (تناسب):
$$\frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}}=\frac{\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO}{136}\Rightarrow\frac{0/27}{11}=\frac{x\,g\ (\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)}{136}\Rightarrow x\simeq 3/34g(\text{اختلاف جرم } CO_2 \text{ و } CO)$$

۲۶ ۴

نکته

آلکان‌ها هیدروکربن‌هایی سیرشده بوده و با Br_2 وارد واکنش نمی‌شوند اما آلکن‌ها به دلیل وجود پیوند دوگانهٔ کربن - کربن، سیرنشده هستند و هر مول از آن‌ها با یک مول Br_2 وارد واکنش می‌شود.

C_8H_{18} یک آلکان است و در نتیجه تنها C_7H_{14} مطابق معادلهٔ واکنش مقابل با Br_2 واکنش می‌دهد: $C_7H_{14}+Br_2\rightarrow C_7H_{14}Br_2$

با توجه به جرم Br_2 مصرفی، جرم C_7H_{14} را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):
$$?\,g\,C_7H_{14}=1/6g\,Br_2\times\frac{1\,mol\,Br_2}{160g\,Br_2}\times\frac{1\,mol\,C_7H_{14}}{1\,mol\,Br_2}\times\frac{98g\,C_7H_{14}}{1\,mol\,C_7H_{14}}=0/98g\,C_7H_{14}$$

روش دوم (کسر تناسب):
$$\frac{\text{جرم } Br_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } C_7H_{14}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{1/6}{1\times 160}=\frac{x}{1\times 98}\Rightarrow x=0/98g\,C_7H_{14}$$

در نتیجه جرم C_8H_{18} برابر با $0/228g\ (0/98-1/208)$ است. در ادامه مقدار مول C_7H_{14} و C_8H_{18} را محاسبه کرده و نسبت آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases}\text{شمار مول } C_7H_{14}=\dfrac{\text{جرم } C_7H_{14}}{\text{جرم مولی}}=\dfrac{0/98}{98}=0/01\,mol\\ \text{شمار مول } C_8H_{18}=\dfrac{\text{جرم } C_8H_{18}}{\text{جرم مولی}}=\dfrac{0/228}{114}=0/002mol\end{cases}\Rightarrow\text{نسبت خواسته شده}=\frac{0/01}{0/002}=5$$

۲۷ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های سوختن متانول و اتانول به‌صورت زیر است:

$$C_2H_5OH(l)+3O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(l)$$
$$2CH_3OH(l)+3O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+4H_2O(l)$$

تعداد مول متانول و اتانول را در این مخلوط به‌ترتیب برابر x و y در نظر می‌گیریم و خواهیم داشت: $x+y=1/8mol\quad (I)$

در ادامه مقدار CO_2 حاصل از سوختن آن‌ها را برحسب x و y به‌دست می‌آوریم:

تشکیل شده در سوختن متانول $CO_2=x\,mol\,CH_3OH\times\frac{2mol\,CO_2}{2mol\,CH_3OH}=x\,mol\,CO_2$

تشکیل شده در سوختن اتانول $CO_2=y\,mol\,C_2H_5OH\times\frac{2mol\,CO_2}{1\,mol\,C_2H_5OH}=2\,y\,mol\,CO_2$

با توجه به اطلاعات تست خواهیم داشت:
$$\frac{x}{2y}=0/4\Rightarrow x=0/8\,y\quad (II)$$

اکنون با توجه به معادله‌های (I) و (II) داریم:
$$\begin{cases}x+y=1/8\\ x=0/8\,y\end{cases}\Rightarrow 0/8\,y+y=1/8\Rightarrow y=1,\ x=0/8$$

قسمت اول: درصد جرمی متانول در مخلوط آغازی را به‌دست می‌آوریم:
$$\text{جرم متانول}=0/8mol\,CH_3OH\times\frac{32g\,CH_3OH}{1\,mol\,CH_3OH}=25/6g\,CH_3OH$$

$$\text{جرم اتانول} = ۱\,mol\,C_۲H_۵OH \times \frac{۴۶g\,C_۲H_۵OH}{۱\,mol\,C_۲H_۵OH} = ۴۶g\,C_۲H_۵OH$$

$$\text{درصد جرم متانول} = \frac{\text{جرم متانول}}{\text{جرم کل}} \times ۱۰۰ = \frac{۲۵/۶}{۲۵/۶+۴۶} \times ۱۰۰ = ٪۳۵/۷$$

قسمت دوم: دقت کنید که در شرایط STP، آب به‌صورت مایع است:

$$?\,L\,CO_۲\ (\text{سوختن متانول}) = ۰/۸mol\,CH_۳OH \times \frac{۲mol\,CO_۲}{۲mol\,CH_۳OH} \times \frac{۲۲/۴L\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲} = ۱۷/۹۲L\,CO_۲$$

$$?\,L\,CO_۲\ (\text{سوختن اتانول}) = ۱\,mol\,C_۲H_۵OH \times \frac{۲mol\,CO_۲}{۱\,mol\,C_۲H_۵OH} \times \frac{۲۲/۴L\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲} = ۴۴/۸L\,CO_۲$$

$$\text{حجم کل گاز موجود در ظرف} = \text{حجم کل } CO_۲ \text{ تولیدی} = ۱۷/۹۲+۴۴/۸ = ۶۲/۷۲\,L$$

۲۸ **۲** متان $(CH_۴)$ یک آلکان سیرشده است و با گاز $H_۲$ واکنش نمی‌دهد، اما پروپین $(C_۳H_۴)$ مطابق معادلهٔ واکنش زیر با گاز $H_۲$ واکنش داده و به آلکان سیرشدهٔ پروپان $(C_۳H_۸)$ تبدیل می‌شود.

$$C_۳H_۴(g)+۲H_۲(g)\rightarrow C_۳H_۸(g)$$

افزایش جرم مخلوط هیدروکربن‌ها مربوط به گاز هیدروژن مصرفی است، پس با توجه به جرم $H_۲$ مصرفی، می‌توان جرم $C_۳H_۴$ موجود در مخلوط را محاسبه کرد:

$$\text{جرم } H_۲ \text{ مصرفی} = ۳۲ \times \frac{۷/۵}{۱۰۰} = ۲/۴g$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_۳H_۴ = ۲/۴g\,H_۲ \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲g\,H_۲} \times \frac{۱\,mol\,C_۳H_۴}{۲mol\,H_۲} \times \frac{۴۰g\,C_۳H_۴}{۱\,mol\,C_۳H_۴} = ۲۴g\,C_۳H_۴$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_۳H_۴}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } H_۲}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x\,g\,C_۳H_۴}{۱\times۴۰} = \frac{۲/۴}{۲\times۲} \Rightarrow x = ۲۴g\,C_۳H_۴$$

پس جرم $CH_۴$ موجود در مخلوط برابر است با:

$$\text{جرم مخلوط} - \text{جرم } C_۳H_۴ = ۳۲-۲۴ = ۸g \quad \text{جرم } CH_۴$$

اکنون می‌توان غلظت مولی $CH_۴$ در مخلوط آغازی را محاسبه کرد:

$$\text{غلظت مولی } CH_۴ = \frac{n\,(mol)}{V\,(L)} = \frac{۸g\,CH_۴ \times \frac{۱\,mol\,CH_۴}{۱۶g\,CH_۴}}{۲L} = ۰/۲۵mol.L^{-۱}$$

۲۹ **۴** ابتدا معادلهٔ واکنش‌های سوختن پروپن و پروپین را نوشته و موازنه می‌کنیم:

$$C_۳H_۴+۴O_۲\rightarrow ۳CO_۲+۲H_۲O \qquad C_۳H_۶+\frac{۹}{۲}O_۲\rightarrow ۳CO_۲+۳H_۲O$$

در ادامه مول اولیهٔ پروپن و پروپین را به‌ترتیب a و b در نظر می‌گیریم. از آنجا که در مجموع ۲۹/۱۲ لیتر اکسیژن (در شرایط STP) مصرف شده است، داریم:

$$V_{O_۲} = V_{O_۲}(۱)+V_{O_۲}(۲) = [\frac{۹}{۲}a\times۲۲/۴]+[۴b\times۲۲/۴] = ۲۹/۱۲۵L \xrightarrow{\div ۲۲/۴} ۴/۵a+۴b = ۱/۳ \quad (I)$$

همچنین حجم کربن دی‌اکسید تولیدی حاصل، ۸/۹۶ لیتر کمتر از گاز اکسیژن مصرفی است؛ یعنی:

$$\text{حجم کربن دی‌اکسید تولیدی} = ۲۹/۱۲L-۸/۹۶L = ۲۰/۱۶L$$

$$V_{CO_۲} = V_{CO_۲}(۱)+V_{CO_۲}(۲) = [۳a\times۲۲/۴]+[۳b\times۲۲/۴] = ۲۰/۱۶\,L \xrightarrow{\div ۲۲/۴} ۳a+۳b = ۰/۹ \xrightarrow{\div ۳} a+b = ۰/۳ \quad (II)$$

با حل دستگاه دو معادله و دو مجهول، ضرایب a و b یعنی مول هر یک از هیدروکربن‌های پروپن و پروپین را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} ۴/۵a+۴b = ۱/۳ \\ a+b = ۰/۳ \end{cases} \Rightarrow a = ۰/۲, b = ۰/۱$$

در نهایت، نسبت جرم پروپن به جرم پروپین را در مخلوط اولیه محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم پروپن}}{\text{جرم پروپین}} = \frac{۰/۲mol\times۴۲g.mol^{-۱}}{۰/۱mol\times۴۰g.mol^{-۱}} = \frac{۸/۴g}{۴g} = ۲/۱$$

۳۰ **۴** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش گازهای اتن $(C_۲H_۴)$ و پروپین $(C_۳H_۴)$ با گاز هیدروژن $(H_۲)$ و تبدیل آن‌ها به ترکیب‌های سیرشده به‌صورت زیر است:

$$I)\ C_۲H_۴(g)+H_۲(g)\rightarrow C_۲H_۶(g) \qquad II)\ C_۳H_۴(g)+۲H_۲(g)\rightarrow C_۳H_۸(g)$$

شمار مول‌های اتن و پروپین را به‌ترتیب x و y مول در نظر می‌گیریم و شمار مول کل $H_۲$ مصرفی نیز برابر است با:

$$\text{مول } H_۲ = \frac{\text{جرم } H_۲}{\text{جرم مولی}} = \frac{۱/۴}{۲} = ۰/۷$$

شمار مول‌های $H_۲$ مصرفی در واکنش‌های (I) و (II) به‌ترتیب برابر با x و ۲y مول است؛ پس می‌توان نوشت:

$$x+۲y = ۰/۷ \quad (۱)$$

با توجه به اینکه مجموع جرم گازهای اتن و پروپین برابر با ۱۸ گرم بوده است، داریم:

$$\begin{cases} C_2H_4 \text{ جرم} = x\ mol\ C_2H_4 \times \frac{28g\ C_2H_4}{1\ mol\ C_2H_4} = 28x\ g\ C_2H_4 \\ C_3H_4 \text{ جرم} = y\ mol\ C_3H_4 \times \frac{40g\ C_3H_4}{1\ mol\ C_3H_4} = 40y\ g\ C_3H_4 \end{cases} \Rightarrow 28x+40y=18 \quad (2)$$

با توجه به معادلات (۱) و (۲) داریم:

$$\begin{cases} x+2y=0/7 \\ 28x+40y=18 \end{cases} \Rightarrow x=0/5mol\ ,\ y=0/1$$

در نتیجه حجم مخلوط آغازی برابر است با:

$$\text{مخلوط گازی اولیه } ?L = (0/5+0/1)mol \text{ گاز} \times \frac{22/4L \text{ گاز}}{1\ mol \text{ گاز}} = 13/44L \text{ گاز}$$

فصل چهارم: آزمون جامع ۱

۱ ۱ حداکثر مقدار فلز مس موجود در ۲۰ تن گیاه برابر است با:

$$?kg\ Cu = 20\ ton \text{ گیاه} \times \frac{10^3kg \text{ گیاه}}{1\ ton \text{ گیاه}} \times \frac{14g\ Cu}{1kg \text{ گیاه}} \times \frac{1kg\ Cu}{10^3g\ Cu} = 280kg\ Cu$$

مقدار فلز مس موجود در ۵ کیلوگرم گیاه برابر است با:

$$?g\ Cu = 5kg \text{ گیاه} \times \frac{14g\ Cu}{1kg \text{ گیاه}} = 70g\ Cu$$

درصد جرمی فلز مس در خاکستر حاصل از ۵ کیلوگرم گیاه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی مس در خاکستر} = \frac{70g\ Cu}{800g \text{ خاکستر}} \times 100 = \%8/75$$

۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$2Fe_2O_3(s)+3C(s) \rightarrow 4Fe(s)+3CO_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?g\ Fe = 1/6\times10^3g\ Fe_2O_3(\text{ناخالص}) \times \frac{75g\ Fe_2O_3(\text{خالص})}{100g\ Fe_2O_3(\text{ناخالص})} \times \frac{1mol\ Fe_2O_3}{160g\ Fe_2O_3} \times \frac{4mol\ Fe}{2mol\ Fe_2O_3} \times \frac{56g\ Fe}{1mol\ Fe} = 840g\ Fe$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم ناخالص } Fe_2O_3 \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم آهن}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{1/6\times10^3\times\frac{75}{100}}{2\times160} = \frac{x\ g\ Fe}{4\times56} \Rightarrow x=840g\ Fe$$

۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: (در شرایط STP فقط کربن دی‌اکسید گاز است و آب حالت مایع یا جامد دارد)

$$CaCO_3(s)+2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq)+H_2O(l)+CO_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم کلسیم کربنات خالص را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\ CaCO_3(\text{خالص}) = 1792mL\ CO_2 \times \frac{1mol\ CO_2}{22400mL\ CO_2} \times \frac{1mol\ CaCO_3}{1mol\ CO_2} \times \frac{100g\ CaCO_3}{1mol\ CaCO_3} = 8g\ CaCO_3(\text{خالص})$$

درصد خلوص کلسیم کربنات برابر است با:

$$\text{درصد خلوص کلسیم کربنات} = \frac{\text{جرم خالص } CaCO_3}{\text{جرم ناخالص } CaCO_3} \times 100 = \frac{8}{10} \times 100 = \%80$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم ناخالص } CaCO_3 \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{میلی لیتر } (STP)\ CO_2}{\text{ضریب} \times 22400} \Rightarrow \frac{10\times\frac{P}{100}}{1\times100} = \frac{1792}{1\times22400} \Rightarrow P=\%80$$

۴ ۳ جرم مخلوط اولیه برابر ۱۰۰ گرم است. در اثر انجام واکنش مقداری گاز هیدروژن تولید شده و از جرم مخلوط اولیه کم می‌شود. پس باید جرم گاز تولید شده را محاسبه کرده و از ۱۰۰ گرم کم کنیم. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$2Na(s)+2H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq)+H_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?g\ H_2 = 5g\ Na\ (\text{ناخالص}) \times \frac{92g\ Na\ (\text{خالص})}{100g\ Na\ (\text{ناخالص})} \times \frac{1mol\ Na}{23g\ Na} \times \frac{1mol\ H_2}{2mol\ Na} \times \frac{2g\ H_2}{1mol\ H_2} = 0/2g\ H_2$$

پس جرم مخلوط باقی مانده برابر $99/8g\ (100-0/2)$ است.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم ناخالص } Na \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } H_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{5\times\frac{92}{100}}{2\times23} = \frac{x\ g\ H_2}{1\times2} \Rightarrow x=0/2g\ H_2$$

پس جرم مخلوط باقی مانده برابر $99/8g\ (100-0/2)$ است.

۵ ۴ با توجه به اطلاعات داده شده در مسئله، کاهش جرم مربوط به تبدیل گوگرد موجود در Cu_2S به گوگرد دی‌اکسید است.

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم مس (I) سولفید را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\ Cu_2S(\text{خالص}) = 4/16g\ S \times \frac{1mol\ S}{32g\ S} \times \frac{1mol\ Cu_2S}{1mol\ S} \times \frac{160g\ Cu_2S}{1mol\ Cu_2S} = 20/8g\ Cu_2S(\text{خالص})$$

سپس درصد خلوص مس (I) سولفید را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص } Cu_2S = \frac{\text{جرم } Cu_2S \text{ خالص}}{\text{جرم } Cu_2S \text{ ناخالص}} \times ۱۰۰ = \frac{۲۰/۸\ (g)}{۶۵\ (g)} \times ۱۰۰ = ٪۳۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } Ca_2S \text{ ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{گرم } S}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۶۵ \times \frac{P}{۱۰۰}}{۱ \times ۱۶۰} = \frac{۴/۱۶}{۳۲} \Rightarrow P = ٪۳۲$$

پس این ترکیب دارای ۶۸ درصد ناخالصی است.

۶ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$TiCl_4 + ۲Mg \rightarrow Ti + ۲MgCl_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kg\,Mg = ۲۰۰ \times ۱۰^{۳}\,g\,TiCl_4\,(\text{ناخالص}) \times \frac{۷۶g\,TiCl_4\,(\text{خالص})}{۱۰۰g\,TiCl_4\,(\text{ناخالص})} \times \frac{۱mol\,TiCl_4}{۱۹۰g\,TiCl_4} \times \frac{۲mol\,Mg}{۱mol\,TiCl_4} \times \frac{۲۴g\,Mg}{۱mol\,Mg} \times \frac{۱kg\,Mg}{۱۰^{۳}\,gMg} = ۳۸/۴\,kg\,Mg$$

$$?\,kg\,Ti\ (\text{ناخالص}) = ۲۰۰ \times ۱۰^{۳}\,g\,TiCl_4\,(\text{ناخالص}) \times \frac{۷۶g\,TiCl_4\,(\text{خالص})}{۱۰۰g\,TiCl_4\,(\text{ناخالص})} \times \frac{۱mol\,TiCl_4}{۱۹۰g\,TiCl_4} \times \frac{۱mol\,Ti}{۱mol\,TiCl_4} \times \frac{۴۸g\,Ti}{۱mol\,Ti} \times \frac{۱۰۰g\,Ti\ (\text{ناخالص})}{۹۶g\,Ti\ (\text{خالص})}$$

$$= ۴۰۰۰۰g\,Ti\ (\text{ناخالص}) = ۴۰kg\,Ti\,(\text{ناخالص})$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } TiCl_4 \text{ ناخالص} \times \frac{P_1}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{گرم } Mg}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{گرم } Ti \text{ ناخالص} \times \frac{P_2}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۲۰۰ \times ۱۰^{۳} \times \frac{۷۶}{۱۰۰}}{۱ \times ۱۹۰} = \frac{x \times ۱۰^{۳}\,g\,Mg}{۲ \times ۲۴} = \frac{y \times ۱۰^{۳}\,g\,Ti\,(\text{ناخالص}) \times \frac{۹۶}{۱۰۰}}{۱ \times ۴۸}$$

$$\Rightarrow x = ۳۸/۴\,kg\,Mg \ ,\ y = ۴۰kg\,Ti\,(\text{ناخالص})$$

۷ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$C_6H_{12}O_6(s) + ۶O_2(g) \rightarrow ۶CO_2(g) + ۶H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,CO_2\,(\text{نظری}) = ۱۵g\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{۱mol\,C_6H_{12}O_6}{۱۸۰g\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{۶mol\,CO_2}{۱mol\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{۲۲/۴L\,CO_2}{۱mol\,CO_2} = ۱۱/۲L\,CO_2\,(\text{نظری})$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی } CO_2}{\text{مقدار نظری } CO_2} \times ۱۰۰ = \frac{۶/۷۲\ (L)}{۱۱/۲\ (L)} \times ۱۰۰ = ٪۶۰$$

$$?\,g\,H_2O = ۱۵g\,C_6H_{12}O_6 \times \frac{۱mol\,C_6H_{12}O_6}{۱۸۰g\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{۶mol\,H_2O}{۱mol\,C_6H_{12}O_6} \times \frac{۱۸g\,H_2O}{۱mol\,H_2O} \times \underbrace{\frac{۶۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}} = ۵/۴g\,H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم گلوکز} \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیتر } (STP)\,CO_2}{\text{ضریب} \times ۲۲/۴} = \frac{\text{گرم آب}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{۱۵ \times \frac{R}{۱۰۰}}{۱ \times ۱۸۰} = \frac{۶/۷۲}{۶ \times ۲۲/۴} = \frac{x\,g\,H_2O}{۶ \times ۱۸} \Rightarrow R = ٪۶۰\ ,\ x = ۵/۴g\,H_2O$$

میانبر محاسباتی

$$R = \frac{۱۰۰ \times ۶/۷۲ \times ۱۸۰}{۲۲/۴ \times ۶ \times ۱۵} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{۱۰۰ \times \overset{۰/۳}{۶/۷۲} \times \overset{۳۰}{۱۸۰}}{\underset{۱۵}{۲۲/۴ \times ۶ \times ۱۵}} \Rightarrow \frac{۱۰۰ \times ۰/۳ \times \overset{۲}{۳۰}}{۱۵} = ۶۰$$

۸ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$MnO_2(s) + ۴HCl(aq) \rightarrow MnCl_2(aq) + Cl_2(g) + ۲H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,MnO_2 = ۳۰L\,Cl_2 \times \frac{۱/۴۲g\,Cl_2}{۱L\,Cl_2} \times \frac{۱mol\,Cl_2}{۷۱g\,Cl_2} \times \frac{۱mol\,MnO_2}{۱mol\,Cl_2} \times \underbrace{\frac{۱۰۰}{۵۸}}_{\text{بازده درصدی}} \times \frac{۸۷g\,MnO_2}{۱mol\,MnO_2} = ۹۰g\,MnO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } MnO_2 \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیتر } Cl_2 \times \text{چگالی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x\,g\,MnO_2 \times \frac{۵۸}{۱۰۰}}{۱ \times ۸۷} = \frac{۳۰ \times ۱/۴۲}{۱ \times ۷۱} \Rightarrow x = ۹۰g\,MnO_2$$

۹ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $Al_2(SO_4)_3(s) \rightarrow Al_2O_3(s) + ۳SO_3(g)$. **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,mL\,SO_3 = ۵/۱۳g\,Al_2(SO_4)_3 \times \frac{۱mol\,Al_2(SO_4)_3}{۳۴۲g\,Al_2(SO_4)_3} \times \frac{۳mol\,SO_3}{۱mol\,Al_2(SO_4)_3} \times \frac{۲۲۴۰۰mL\,SO_3}{۱mol\,SO_3} \times \underbrace{\frac{۸۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}} = ۸۰۶/۴mL\,SO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } Al_2(SO_4)_3 \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{میلی‌لیتر } (STP)\,SO_3}{\text{ضریب} \times ۲۲۴۰۰} \Rightarrow \frac{۵/۱۳ \times \frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱ \times ۳۴۲} = \frac{x\,mL\,SO_3}{۳ \times ۲۲۴۰۰} \Rightarrow x = ۸۰۶/۴mL\,SO_3$$

۱۰ ۳ درصد تجزیهٔ آمونیوم دی‌کرومات را R در نظر بگیریم، مقدار فراوردهٔ جامد تولیدی و واکنش‌دهندهٔ باقی‌مانده را محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,Cr_2O_3=75/6\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7\times\frac{1\,mol\,(NH_4)_2Cr_2O_7}{252\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7}\times\frac{1\,mol\,Cr_2O_3}{1\,mol\,(NH_4)_2Cr_2O_7}\times\frac{152\,g\,Cr_2O_3}{1\,mol\,Cr_2O_3}\times\frac{R}{100}=0/456R\,g\,Cr_2O_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{(NH_4)_2Cr_2O_7\text{ گرم}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Cr_2O_3\text{ گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{75/6\times\frac{R}{100}}{1\times252}=\frac{x}{1\times152}\Rightarrow x=0/456\,R\,g\,Cr_2O_3$$

با توجه به درصد تجزیهٔ آمونیوم دی‌کرومات، اگر ۷۵/۶ گرم آمونیوم دی‌کرومات به میزان R درصد تجزیه شود، پس $(75/6\times\frac{100-R}{100})$ گرم از واکنش‌دهنده باقی می‌ماند؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم فراوردهٔ جامد }(Cr_2O_3)}{\text{جرم واکنش‌دهندهٔ باقی‌مانده }(NH_4)_2Cr_2O_7}=\frac{0/456R}{75/6\times\frac{100-R}{100}}=2\Rightarrow R\simeq\%76/8$$

۱۱ ۱ معادلهٔ واکنش موازنه شده:

$$(NH_4)_2CO_3\rightarrow2NH_3+CO_2+H_2O$$

فقط عبارت چهارم درست است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: اختلاف ضرایب واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها برابر ۳ است که ضریب هیچ کدام از مواد ۳ نیست.

عبارت دوم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,(NH_4)_2CO_3\text{ خالص}=6/12\,g\,NH_3\times\frac{1\,mol\,NH_3}{17\,g\,NH_3}\times\frac{1\,mol\,(NH_4)_2CO_3}{2\,mol\,NH_3}\times\frac{96\,g\,(NH_4)_2CO_3\text{ خالص}}{1\,mol\,(NH_4)_2CO_3}=17/28\,g\,(NH_4)_2CO_3$$

درصد خلوص آمونیوم کربنات برابر است با:

$$\text{درصد خلوص}=\frac{\text{جرم خلوص}}{\text{جرم کل}}\times100=\frac{17/28}{28/8}\times100=\%60$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{(NH_4)_2CO_3\text{ گرم}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{NH_3\text{ گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{28/8\times\frac{P}{100}}{96\times1}=\frac{6/12}{17\times2}\Rightarrow P=\%60$$

پس این ماده دارای ۴۰٪ ناخالصی است. عبارت سوم: توجه کنید که در شرایط استاندارد، H_2O گاز نیست. **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,L\,NH_3\,,CO_2=24\,g\,(NH_4)_2CO_3\text{ ناخالص}\times\frac{80\,g\,(NH_4)_2CO_3\text{ خالص}}{100\,g\,(NH_4)_2CO_3\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,(NH_4)_2CO_3}{96\,g\,(NH_4)_2CO_3}\times\frac{3\,mol\,NH_3\,,CO_2}{1\,mol\,(NH_4)_2CO_3}$$
$$\times\frac{22/4\,L\,NH_3\,,CO_2}{1\,mol\,NH_3\,,CO_2}=13/44\,L\,NH_3\,,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{(NH_4)_2CO_3\text{ گرم}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر گاز}}{\text{مجموع جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{24\times\frac{80}{100}}{1\times96}=\frac{x}{3\times22/4}\Rightarrow x=13/44\,L\,NH_3\,,CO_2$$

عبارت چهارم: گاز CO_2 ناقطبی و گازهای NH_3 و H_2O قطبی است که مجموع ضرایب گازهای قطبی به ناقطبی برابر ۳ است و ۳ برابر ضریب واکنش‌دهنده است.

۱۲ ۱ منیزیم موجود در هر نمونه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Mg^{2+}=200\,g\,MgSO_4\text{ ناخالص}\times\frac{80\,g\,MgSO_4\text{ خالص}}{100\,g\,MgSO_4\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,Mg^{2+}}{120\,g\,MgSO_4\text{ خالص}}\times\frac{24\,g\,Mg^{2+}}{1\,mol\,Mg^{2+}}=32\,g\,Mg^{2+}$$

$$?\,g\,Mg^{2+}=210\,g\,MgCO_3\text{ ناخالص}\times\frac{60\,g\,MgCO_3\text{ خالص}}{100\,g\,MgCO_3\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,Mg^{2+}}{84\,g\,MgCO_3\text{ خالص}}\times\frac{24\,g\,Mg^{2+}}{1\,mol\,Mg^{2+}}=36\,g\,Mg^{2+}$$

درصد جرمی Mg^{2+} در مخلوط نهایی برابر است با:

$$Mg^{2+}\text{ درصد جرمی}=\frac{Mg^{2+}\text{ جرم}}{\text{جرم کل}}\times100=\frac{32+36}{200+210}\times100\simeq\%16/6$$

طبق واکنش‌های داده شده داریم:

$$I)\,MgCO_3\rightarrow MgO+CO_2\qquad II)\,CO_2+CaO\rightarrow CaCO_3$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaO=210\,g\,MgCO_3\text{ ناخالص}\times\frac{60\,g\,MgCO_3\text{ خالص}}{100\,g\,MgCO_3\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,MgCO_3}{84\,g\,MgCO_3\text{ خالص}}\times\frac{1\,mol\,CO_2(I)}{1\,mol\,MgCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2(II)}{1\,mol\,CO_2(I)}$$
$$\times\frac{1\,mol\,CaO}{1\,mol\,CO_2(II)}\times\frac{56\,g\,CaO}{1\,mol\,CaO}=84\,g\,CaO$$

روش دوم (تناسب): با توجه به برابر بودن ضریب CO_2 در هر دو واکنش پس داریم:

$$MgCO_3\sim CaO\Rightarrow\frac{MgCO_3\text{ گرم}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{CaO\text{ گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{210\times\frac{60}{100}}{1\times84}=\frac{x}{1\times56}\Rightarrow x=84\,g\,CaO$$

۱۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$Fe_2O_3(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2FeCl_3(aq)+3H_2O(l)$$
$$FeCl_3(aq)+3NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_3(s)+3NaCl(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم Fe_2O_3 خالص را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Fe_2O_3\text{خالص}=214g\,Fe(OH)_3\times\frac{1mol\,Fe(OH)_3}{107g\,Fe(OH)_3}\times\frac{1mol\,FeCl_3}{1mol\,Fe(OH)_3}\times\frac{1mol\,Fe_2O_3}{2mol\,FeCl_3}\times\frac{160g\,Fe_2O_3}{1mol\,Fe_2O_3}\times\underbrace{\frac{100}{60}}_{\text{بازده واکنش دوم}}\times\underbrace{\frac{100}{64}}_{\text{بازده واکنش اول}}\simeq 416/67g\,Fe_2O_3\text{خالص}$$

سپس درصد خلوص Fe_2O_3 را در نمونهٔ اولیه محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد خلوص }Fe_2O_3=\frac{\text{جرم خالص }Fe_2O_3}{\text{جرم ناخالص }Fe_2O_3}\times 100=\frac{416/67}{500}\times 100\simeq 83/3\%$$

روش دوم (تناسب): ضریب مادهٔ مشترک $(FeCl_3)$ را یکسان می‌کنیم و واکنش فرضی $Fe_2O_3\rightarrow 2Fe(OH)_3$ را در نظر می‌گیریم:

$$\frac{\text{گرم ناخالص }Fe_2O_3\times\frac{P}{100}\times\frac{R_1}{100}\times\frac{R_2}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم }Fe(OH)_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{500\times\frac{P}{100}\times\frac{64}{100}\times\frac{60}{100}}{1\times 160}=\frac{214}{2\times 107}\Rightarrow P\simeq 83/3\%$$

۱۴ ۱ معادلهٔ واکنش‌های موازنه شده: $4KNO_3(s)\rightarrow 2K_2O(s)+2N_2(g)+5O_2(g)$ $\qquad 2NaNO_3(s)\rightarrow 2NaNO_2(s)+O_2(g)$

با توجه به قانون پایستگی جرم، جرم گاز خروجی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم گاز خروجی}=\text{جرم اولیه}-\text{جرم جامد باقی‌مانده}\Rightarrow\text{جرم گاز خروجی}=42/5-37/7=4/8g$$

جرم خالص سدیم نیترات را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,NaNO_3=4/8g\,O_2\times\frac{1mol\,O_2}{32g\,O_2}\times\frac{2mol\,NaNO_3}{1mol\,O_2}\times\frac{85g\,NaNO_3}{1mol\,NaNO_3}\times\underbrace{\frac{100}{75}}_{\text{بازده درصدی}}=34g\,NaNO_3$$

پس جرم ناخالص موجود در سدیم نیترات اولیه که در جامد باقی‌مانده نیز باقی خواهد ماند، برابر است با:

$$\text{جرم ناخالصی}=\text{جرم ناخالص}-\text{جرم خالص}=42/5-34=8/5g\,\text{ناخالص}$$

در نتیجه از ۳۷/۷ گرم مادهٔ جامد باقی‌مانده، مقدار خالص برابر است با: $37/7-8/5=29/2g$. پس اختلاف جرم ناخالصی‌ها و مواد خالص در تودهٔ جامد باقی‌مانده برابر است با: $29/2-8/5=20/7g$. جرم پتاسیم نیترات را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,KNO_3=4/8g\,O_2\times\frac{1mol\,O_2}{32g\,O_2}\times\frac{4mol\,KNO_3}{5mol\,O_2}\times\frac{101g\,KNO_3}{1mol\,KNO_3}=12/12g\,KNO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم }KNO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم }O_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{4\times 101}=\frac{4/8}{5\times 32}\Rightarrow x=12/12g\,KNO_3$$

۱۵ ۴ هیدروکربن داده شده دارای فرمول C_5H_{10} است.

$$?\,g\,C_5H_{10}=1L\,C_5H_{10}\times\frac{1mol\,C_5H_{10}}{22/4L\,C_5H_{10}}\times\frac{70g\,C_5H_{10}}{1mol\,C_5H_{10}}=3/125g\,C_5H_{10}$$

هر مول آلکن با یک مول آب واکنش داده و تبدیل به الکل می‌شود.

$$C_5H_{10}+H_2O\rightarrow C_5H_{11}OH$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O=28g\,C_5H_{10}\times\frac{1mol\,C_5H_{10}}{70g\,C_5H_{10}}\times\frac{1mol\,H_2O}{1mol\,C_5H_{10}}\times\frac{18g\,H_2O}{1mol\,H_2O}=7/2g\,H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم }C_5H_{10}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم }H_2O}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{28}{1\times 70}=\frac{x}{1\times 18}\Rightarrow x=7/2g\,H_2O$$

۱۶ ۴ ابتدا باید فرمول هیدروکربن سیرشدهٔ خطی (آلکان) مورد نظر را تعیین کنیم: (فرمول کلی آلکان‌ها به صورت C_nH_{2n+2} است.)

$$\text{درصد جرمی اتم‌های هیدروژن در آلکان}=\frac{2n+2}{14n+2}\times 100=16\Rightarrow n=7$$

پس هیدروکربن مورد نظر C_7H_{16} بوده و معادلهٔ واکنش سوختن کامل آن در شرایط STP به صورت زیر است:

$$C_7H_{16}(l)+11O_2(g)\rightarrow 7CO_2(g)+8H_2O(l)$$

پس برای سوختن کامل هر مول از این هیدروکربن به ۱۱ مول گاز اکسیژن نیاز است.

حال جرم گاز حاصل از سوختن کامل آن را در شرایط STP را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CO_2=1mol\,C_7H_{16}\times\frac{7mol\,CO_2}{1mol\,C_7H_{16}}\times\frac{44g\,CO_2}{1mol\,CO_2}=308g\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }C_7H_{16}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم }CO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{1}{1}=\frac{x}{7\times 44}\Rightarrow x=308g\,CO_2$$

۱۷ ۲ فرمول کلی آلکین‌ها به صورت C_nH_{2n-2} است، پس خواهیم داشت: $\frac{\text{تعداد اتم‌های هیدروژن}}{\text{تعداد اتم‌های کربن}}=\frac{2n-2}{n}=1/6\Rightarrow n=5$

پس فرمول هیدروکربن مورد نظر C_5H_8 است. معادلهٔ واکنش سیر شدن با برم:

$$C_5H_8+2Br_2\rightarrow C_5H_8Br_4$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Br_2=17\,g\,C_5H_8\times\frac{1\,mol\,C_5H_8}{68\,g\,C_5H_8}\times\frac{2\,mol\,Br_2}{1\,mol\,C_5H_8}\times\frac{160\,g\,Br_2}{1\,mol\,Br_2}=80\,g\,Br_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } C_5H_8}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم } Br_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{17}{1\times68}=\frac{x\,g\;Br_2}{2\times160}\Rightarrow x=80\,g\,Br_2$$

۱۸ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش هیدروژن‌دار پروپین:

$$C_3H_4(g)+2H_2(g)\rightarrow C_3H_8(g)$$

$$?\,g\,C_3H_4=12/32\,L\,C_3H_8\times\frac{1\,mol\,C_3H_8}{22/4\,L\,C_3H_8}\times\frac{1\,mol\,C_3H_4}{1\,mol\,C_3H_8}\times\frac{40\,g\,C_3H_4}{1\,mol\,C_3H_4}\times\frac{100}{80}=27/5\,g\,C_3H_4$$

اگر جرم اولیهٔ گاز پروپین و گاز اکسیژن را y گرم در نظر بگیریم، مقدار $(y-27/5)$ گرم گاز پروپین با y گرم گاز اکسیژن واکنش می‌دهد، پس داریم:

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل گاز پروپین در شرایط STP:

$$C_3H_4(g)+4O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)+2H_2O(l)$$

$$(y-27/5)\,g\,C_3H_4\times\frac{1\,mol\,C_3H_4}{40\,g\,C_3H_4}\times\frac{4\,mol\,O_2}{1\,mol\,C_3H_4}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=y\,g\,O_2\Rightarrow y=40\,g$$

در نتیجه حجم گاز CO_2 تولیدی در شرایط STP برابر است با:

$$?\,L\,CO_2=(40-27/5)\,g\,C_3H_4\times\frac{1\,mol\,C_3H_4}{40\,g\,C_3H_4}\times\frac{3\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_3H_4}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=21\,L\,CO_2$$

۱۹ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن ناقص یک آلکین:

$$C_nH_{2n-2}+(\frac{2n-1}{2})O_2\rightarrow nCO+(n-1)H_2O$$

ابتدا با محاسبهٔ مقدار n، فرمول مولکولی آلکین را تعیین می‌کنیم:

$$100/8\,L\,CO\times\frac{1\,mol\,CO}{22/4\,L\,CO}\times\frac{(n-1)\,mol\,H_2O}{n\,mol\,CO}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=54\,g\,H_2O\Rightarrow n=3$$

پس فرمول مولکولی آلکین مورد نظر C_3H_4 است. از آنجا که جرم آب حاصل از سوختن کامل و ناقص هیدروکربن‌ها ثابت است، به کمک جرم آب به‌دست آمده در واکنش سوختن ناقص C_3H_4، حجم گاز اکسیژن لازم برای سوختن کامل این هیدروکربن و جرم کربن‌دی اکسید حاصل را محاسبه می‌کنیم:

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل این هیدروکربن:

$$C_3H_4+4O_2\rightarrow 3CO_2+2H_2O$$

$$?\,L\,O_2=54\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{4\,mol\,O_2}{2\,mol\,H_2O}\times\frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}=134/4\,L\,O_2$$

$$?\,g\,CO_2=54\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{3\,mol\,CO_2}{2\,mol\,H_2O}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=198\,g\,CO_2$$

۲۰ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$2Al(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2AlCl_3(aq)+3H_2(g),\quad C_3H_6(g)+H_2(g)\rightarrow C_3H_8(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Al\,(\text{خالص})=99\,g\,C_3H_8\times\frac{1\,mol\,C_3H_8}{44\,g\,C_3H_8}\times\frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,C_3H_8}\times\frac{2\,mol\,Al}{3\,mol\,H_2}\times\frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al}=40/5\,g\,Al\,(\text{خالص})$$

$$\text{درصد خلوص Al}=\frac{\text{جرم Al خالص}}{\text{جرم Al ناخالص}}\times100=\frac{40/5\;(g)}{50\;(g)}\times100=\%81$$

روش دوم (تناسب): ضرایب گاز هیدروژن را در دو واکنش یکسان می‌کنیم:

$$\left.\begin{matrix}2Al(s)+6HCl(aq)\rightarrow 2AlCl_3(aq)+3H_2(g)\\3C_3H_6(g)+3H_2(g)\rightarrow 3C_3H_8(g)\end{matrix}\right\}\Rightarrow 2Al\sim 3C_3H_8$$

$$\frac{\text{گرم Al ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم پروپان}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{50\times\frac{P}{100}}{2\times27}=\frac{99}{3\times44}\Rightarrow P=\%81$$

فصل چهارم: آزمون جامع ۲

۱ ۱ روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kg\,Cu=200\times10^3\,g\,Cu_2S\,(\text{ناخالص})\times\frac{80\,g\,Cu_2S\,(\text{خالص})}{100\,g\,Cu_2S\,(\text{ناخالص})}\times\frac{1\,mol\,Cu_2S}{160\,g\,Cu_2S}\times\frac{2\,mol\,Cu}{1\,mol\,Cu_2S}\times\frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu}\times\frac{1\,kg\,Cu}{10^3\,g\,Cu}\times\underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=96\,kg\,Cu$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } Cu_2S \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{گرم } Cu}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{200 \times 10^3 \times \frac{80}{100} \times \frac{75}{100}}{1 \times 160} = \frac{x\,g\,Cu}{2 \times 64} \Rightarrow x = 96 \times 10^3\,g = 96\,kg\,Cu$$

۲ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$2Fe_2O_3(s) + 3C(s) \rightarrow 4Fe(s) + 3CO_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری گاز کربن دی‌اکسید تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,CO_2(\text{نظری}) = 15\,kg \text{ سنگ معدن} \times \frac{480\,g\,Fe_2O_3}{1\,kg \text{ سنگ معدن}} \times \frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{160\,g\,Fe_2O_3} \times \frac{3\,mol\,CO_2}{2\,mol\,Fe_2O_3} \times \frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = 1512\,L\,CO_2(\text{نظری})$$

سپس با استفاده از مقدار عملی، بازده درصدی واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{1134(L)}{1512(L)} \times 100 = \%75$$

$$?\,g\,Fe = 1134\,L\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L\,CO_2} \times \frac{4\,mol\,Fe}{3\,mol\,CO_2} \times \frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe} = 3780\,g\,Fe = 3/78\,kg\,Fe$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } Fe_2O_3 \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیتر } (STP)\,CO_2}{\text{ضریب} \times 22/4} = \frac{\text{گرم } Fe}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{15 \times 480 \times \frac{R}{100}}{2 \times 160} = \frac{1134}{3 \times 22/4} = \frac{x \times 10^3}{4 \times 56} \Rightarrow R = \%75 \quad , \quad x = 3/78\,kg\,Fe$$

۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$Zn(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + H_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Zn(\text{ناخالص}) = 120\,mL\,H_2 \times \frac{1\,L\,H_2}{1000\,mL\,H_2} \times \frac{0/5\,g\,H_2}{1\,L\,H_2} \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2} \times \frac{1\,mol\,Zn}{1\,mol\,H_2} \times \frac{65\,g\,Zn}{1\,mol\,Zn} \times \frac{100\,g\,Zn(\text{ناخالص})}{78\,g\,Zn(\text{خالص})} \times \underbrace{\frac{100}{50}}_{\text{بازده درصدی}} = 5\,g\,Zn(\text{ناخالص})$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } Zn \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{چگالی} \times \text{لیتر } H_2}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x\,g\,Zn(\text{ناخالص}) \times \frac{78}{100} \times \frac{50}{100}}{1 \times 65} = \frac{0/12 \times 0/5}{1 \times 2} \Rightarrow x = 5\,g\,Zn(\text{ناخالص})$$

۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$2NaN_3(s) \rightarrow 2Na(s) + 3N_2(g), \quad 6Na(s) + Fe_2O_3(s) \rightarrow 3Na_2O(s) + 2Fe(s), \quad Na_2O(s) + H_2O(g) + 2CO_2(g) \rightarrow 2NaHCO_3(s)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم NaN_3 خالص را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,NaN_3(\text{خالص}) = 20/16\,g\,NaHCO_3 \times \frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3} \times \frac{1\,mol\,Na_2O}{2\,mol\,NaHCO_3} \times \frac{6\,mol\,Na}{3\,mol\,Na_2O} \times \frac{2\,mol\,NaN_3}{2\,mol\,Na} \times \frac{65\,g\,NaN_3}{1\,mol\,NaN_3}$$

$$\times \underbrace{\frac{100}{80}}_{\text{بازده واکنش (۱)}} \times \underbrace{\frac{100}{75}}_{\text{بازده واکنش (۲)}} \times \underbrace{\frac{100}{100}}_{\text{بازده واکنش (۳)}} = 26\,g\,NaN_3(\text{خالص})$$

سپس درصد خلوص مادهٔ اولیه، یعنی NaN_3 را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص } NaN_3 = \frac{\text{جرم } NaN_3 \text{ خالص}}{\text{جرم } NaN_3 \text{ ناخالص}} \times 100 = \frac{26}{40} \times 100 = \%65$$

روش دوم (تناسب): با توجه به واکنش‌های داده شده، به ازای مصرف هر مول NaN_3، یک مول $NaHCO_3$ تولید می‌شود:

$$(1\,mol\,NaN_3 \sim 1\,mol\,NaHCO_3)$$

$$\frac{\text{گرم } NaN_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R_1}{100} \times \frac{R_2}{100} \times \frac{R_3}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } NaHCO_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{40 \times \frac{P}{100} \times \frac{80}{100} \times \frac{75}{100} \times \frac{100}{100}}{1 \times 65} = \frac{20/16}{1 \times 84} \Rightarrow P = \%65$$

۲ ۵ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$2C(s) + 2H_2O(g) \rightarrow CO_2(g) + CH_4(g) \qquad CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل): توجه کنید که درصد حجمی اکسیژن در هوا حدود ۲۰ درصد است.

$$?\,L\,\text{هوا} = 500\,g\,C(\text{ناخالص}) \times \frac{72\,g\,C(\text{خالص})}{100\,g\,C(\text{ناخالص})} \times \frac{1\,mol\,C}{12\,g\,C} \times \frac{1\,mol\,CH_4}{2\,mol\,C} \times \underbrace{\frac{80}{100}}_{\text{بازده درصدی}} \times \frac{2\,mol\,O_2}{1\,mol\,CH_4} \times \frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2} \times \frac{100\,L\,\text{هوا}}{20\,L\,O_2} = 2688\,L\,\text{هوا}$$

روش دوم (تناسب): با توجه به یکسان بودن ضرایب متان در معادلهٔ دو واکنش داده شده، می‌توان نتیجه گرفت که از واکنش هر مول C در واکنش اول، یک مول O_2 در واکنش دوم مصرف می‌شود. $(1\,mol\,C \sim 1\,mol\,O_2)$

$$\frac{\text{گرم کربن ناخالص}\times\frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{کسر حجمی اکسیژن}\times\text{لیتر هوا (STP)}}{\text{ضریب}\times 22/4}\Rightarrow\frac{500\times\frac{72}{100}\times\frac{80}{100}}{1\times 12}=\frac{x\,L\,\text{هوا}\times\frac{1}{5}}{1\times 22/4}\Rightarrow x=2688\,L\,\text{هوا}$$

۶ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$2C_4H_{10}+13O_2\rightarrow 8CO_2+10H_2O \qquad 2Li_2O_2+2CO_2\rightarrow 2Li_2CO_3+O_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,O_2=67/2\,L\,C_4H_{10}\times\frac{1\,mol\,C_4H_{10}}{22/4\,L\,C_4H_{10}}\times\frac{8\,mol\,CO_2}{2\,mol\,C_4H_{10}}\times\underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{بازده درصدی}}\times\frac{1\,mol\,O_2}{2\,mol\,CO_2}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=144\,g\,O_2$$

روش دوم (تناسب): باید ضرایب کربن دی‌اکسید در دو واکنش را یکسان کنیم. به این منظور واکنش دوم را در عدد (۴) ضرب می‌کنیم:

$$\left.\begin{matrix}2C_4H_{10}+13O_2\rightarrow 8CO_2+10H_2O\\ 8Li_2O_2+8CO_2\rightarrow 8Li_2CO_3+4O_2\end{matrix}\right\}\Rightarrow 2C_4H_{10}\sim 4O_2\Rightarrow\frac{\text{لیتر (STP)}\,C_4H_{10}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times 22/4}=\frac{\text{جرم اکسیژن}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{67/2\times\frac{75}{100}}{2\times 22/4}=\frac{x\,g\,O_2}{4\times 32}\Rightarrow x=144\,g$$

۷ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g) \qquad C_3H_8(g)+5O_2(g)\rightarrow 3CO_2(g)+4H_2O(g)$$

روش اول (کسر تبدیل): با توجه به اینکه گاز کربن دی‌اکسید فقط در واکنش سوختن پروپان تولید می‌شود، می‌توانیم مقدار مول پروپان و مقدار بخار آب تولید شده در این واکنش را به‌دست آوریم:

$$?\,mol\,C_3H_8=52/8\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,C_3H_8}{3\,mol\,CO_2}\times\underbrace{\frac{100}{80}}_{\text{بازده درصدی}}=0/5\,mol\,C_3H_8$$

$$?\,g\,H_2O=52/8\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{4\,mol\,H_2O}{3\,mol\,CO_2}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=28/8\,g\,H_2O$$

پس مقدار بخار آب تولید شده در واکنش سوختن هیدروژن برابر $27\,g$ $(28/8-8/55)$ است.

مقدار مول گاز هیدروژن برابر است با:

$$?\,mol\,H_2=27\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{2\,mol\,H_2}{2\,mol\,H_2O}\times\underbrace{\frac{100}{60}}_{\text{بازده درصدی}}=2/5\,mol\,H_2$$

اکنون درصد مولی پروپان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد مولی پروپان}=\frac{0/5}{2/5+0/5}\times 100\simeq 16/67\%$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول پروپان}\times\frac{R_2}{100}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم کربن دی‌اکسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم بخار آب حاصل از واکنش سوختن پروپان}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}$$

$$\Rightarrow\frac{x\times 0/8}{1}=\frac{52/8}{3\times 44}=\frac{y(g)}{4\times 18}\Rightarrow x=0/5\,mol\,C_3H_8,\ y=28/8\,g\,H_2O\ \text{(حاصل از واکنش سوختن پروپان)}$$

پس مقدار بخار آب تولید شده در واکنش سوختن هیدروژن برابر $27\,g$ $(28/8-8/55)$ است. اکنون مقدار مول گاز هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{مول هیدروژن}\times\frac{R_1}{100}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم بخار آب}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{z\,mol\,H_2\times\frac{60}{100}}{2}=\frac{27}{2\times 18}\Rightarrow z=2/5\,mol\,H_2$$

درصد مولی پروپان در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد مولی پروپان}=\frac{0/5}{2/5+0/5}\times 100\simeq 16/67\%$$

۸ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$2Al_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow 4Al(s)+3CO_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C\,(\text{ناخالص})=10\times 10^3\,g\,Al_2O_3\,\text{ناخالص}\times\frac{51\,g\,Al_2O_3\,(\text{خالص})}{100\,g\,Al_2O_3\,(\text{ناخالص})}\times\frac{1\,mol\,Al_2O_3}{102\,g\,Al_2O_3}\times\frac{3\,mol\,C}{2\,mol\,Al_2O_3}\times\frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C}\times\frac{100\,g\,C\,(\text{ناخالص})}{60\,g\,C\,(\text{خالص})}=1500\,g\,C\ (\text{ناخالص})$$

$$?\,g\,Al\,(\text{ناخالص})=10\times 10^3\,g\,Al_2O_3\,\text{ناخالص}\times\frac{51\,g\,Al_2O_3\,(\text{خالص})}{100\,g\,Al_2O_3\,(\text{ناخالص})}\times\frac{1\,mol\,Al_2O_3}{102\,g\,Al_2O_3}\times\frac{4\,mol\,Al}{2\,mol\,Al_2O_3}\times\frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al}\times\frac{100\,g\,Al\ (\text{ناخالص})}{90\,g\,Al\ (\text{خالص})}\times\underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{بازده درصدی}}$$

$$=2250\,g\,Al\,(\text{ناخالص})=2/25\,kg\,Al\ (\text{ناخالص})$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم ناخالص}\,Al_2O_3\,\text{ناخالص}\times\frac{P_1}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم کربن ناخالص}\times\frac{P_2}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{10\times 10^3\times\frac{51}{100}}{2\times 102}=\frac{x\,g\,C\ (\text{ناخالص})\times\frac{60}{100}}{3\times 12}\Rightarrow x=1500\,g\,C\ (\text{ناخالص})$$

$$\frac{\text{گرم } Al_2O_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P_1}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } Al \text{ ناخالص} \times \frac{P_3}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{10 \times 10^3 \times \frac{51}{100} \times \frac{75}{100}}{2 \times 102} = \frac{y\,kg\,Al \times 10^3\,(\text{ناخالص}) \times \frac{90}{100}}{4 \times 27} \Rightarrow y = 2/25\,kg\,Al\ (\text{ناخالص})$$

۹ ۳ ابتدا غلظت مولار هیدروکلریک اسید را با استفاده از فرمول مقابل به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 36/5 \times 1/5}{36/5} = 15\,mol.L^{-1}$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $Mg(OH)_2(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + 2H_2O(l)$. **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,mL\,HCl\,\text{محلول} = 46/4\,g\,Mg(OH)_2\,(\text{ناخالص}) \times \frac{75\,g\,Mg(OH)_2\ (\text{خالص})}{100\,g\,Mg(OH)_2\ (\text{ناخالص})} \times \frac{1\,mol\,Mg(OH)_2}{58\,g\,Mg(OH)_2} \times \frac{2\,mol\,HCl}{1\,mol\,Mg(OH)_2} \times \frac{1\,L\,HCl\,\text{محلول}}{1/5\,mol\,HCl}$$

$$\times \frac{10^3\,mL\ HCl\,\text{محلول}}{1\,L\ HCl\,\text{محلول}} = 80\,mL\ HCl\,\text{محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } Mg(OH)_2 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولی اسید} \times \text{لیترمحلول هیدروکلریک اسید}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{46/4 \times \frac{75}{100}}{1 \times 58} = \frac{x\,L\,\text{محلول} \times 1/5}{2}$$

$$\Rightarrow x = 0/08\,L\ HCl\,\text{محلول} = 80\,mL\ HCl\,\text{محلول}$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{46/4 \times 75 \times 2 \times 10^3}{100 \times 58 \times 15} = ? \xrightarrow{\text{دسته‌بندی و ساده‌سازی}} \frac{\overset{8}{464} \times \overset{5}{75} \times 2}{58 \times 15} \times \frac{10^{-1} \times 10^3}{10^2} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} 8 \times 5 \times 2 = 80$$

۱۰ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $4KNO_3(s) \rightarrow 2K_2O(s) + 2N_2(g) + 5O_2(g)$

به کمک قانون گازها، حجم مولی گازها را در دمای $546^\circ C$ و فشار $2\,atm$ محاسبه می‌کنیم: $\frac{P_1V_1}{n_1T_1} = \frac{P_2V_2}{n_2T_2} \Rightarrow \frac{1 \times 22/4}{1 \times 273} = \frac{2 \times V_2}{n_2 \times 819} \Rightarrow \frac{V_2}{n_2} = 33/6\,L.mol^{-1}$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,\text{گاز (نظری)} = 40/4\,g\,KNO_3\ (\text{ناخالص}) \times \frac{75\,g\,KNO_3\ (\text{خالص})}{100\,g\,KNO_3\ (\text{ناخالص})} \times \frac{1\,mol\,KNO_3}{101\,g\,KNO_3} \times \frac{7\,mol\,\text{گاز}}{4\,mol\,KNO_3} \times \frac{33/6\,L\,\text{گاز}}{1\,mol\,\text{گاز}} = 17/64\,L\,\text{گاز}$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی گاز}}{\text{مقدار نظری گاز}} \times 100 = \frac{8/82}{17/64} \times 100 = \%50$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } KNO_3 \text{ ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر گاز (غیر STP)}}{\text{حجم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{40/4 \times \frac{75}{100} \times \frac{R}{100}}{4 \times 101} = \frac{8/82}{7 \times 33/6} \Rightarrow R = \%50$$

میانبر محاسباتی

$$R = \frac{8/82 \times 4 \times 10 \times 1 \times 100 \times 100}{7 \times 33/6 \times 40/4 \times 75} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{\overset{1/26}{8/82} \times 4 \times \overset{10}{10} \times 1 \times \overset{4}{100} \times 100}{7 \times 33/6 \times 40/4 \times 75} \Rightarrow \frac{\overset{0/15}{1/26} \times 4 \times 10 \times 10 \times \overset{1}{4}}{3/36 \times 3 \times 4} \Rightarrow \frac{\overset{0/05}{0/15} \times 10 \times 100}{3} = 50$$

فصل چهارم: آزمون جامع ۳

۱ ۳ جرم اولیهٔ آمونیوم دی‌کرومات ناخالص را ۱۰۰ گرم و درصد تجزیهٔ آمونیوم دی‌کرومات را R در نظر می‌گیریم. توجه کنید که کاهش جرم مواد داخل ظرف، مربوط به خروج گازهای تولیدی است، پس باید جرم گازهای تولیدی را محاسبه کنیم:

$$?\,g\,N_2 = 100\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7\,(\text{ناخالص}) \times \frac{63\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7\,(\text{خالص})}{100\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7\,(\text{ناخالص})} \times \frac{1\,mol\,(NH_4)_2Cr_2O_7}{252\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{1\,mol\,N_2}{1\,mol\,(NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{28\,g\,N_2}{1\,mol\,N_2} \times \frac{R}{100}$$

$$= (0/07R)\,g\,N_2$$

$$?\,g\,H_2O = 100\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7\,(\text{ناخالص}) \times \frac{63\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7\,(\text{خالص})}{100\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7\,(\text{ناخالص})} \times \frac{1\,mol\,(NH_4)_2Cr_2O_7}{252\,g\,(NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{4\,mol\,H_2O}{1\,mol\,(NH_4)_2Cr_2O_7} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \frac{R}{100}$$

$$= (0/18R)\,g\,H_2O$$

با توجه به اینکه جرم اولیهٔ آمونیوم دی‌کرومات را ۱۰۰ گرم در نظر گرفتیم و پس از اتمام واکنش ۸۰ درصد مقدار اولیه، یعنی ۸۰ گرم مادهٔ جامد در ظرف باقی مانده، می‌توان نتیجه گرفت که جرم گازهای N_2 و H_2O تولید شده برابر ۲۰ گرم است. $0/07R + 0/18R = 20 \Rightarrow R = \%80$

۲ ۴ واکنش سوختن کامل یک هیدروکربن:

$$C_xH_y+(x+\frac{y}{4})O_2\rightarrow xCO_2+\frac{y}{2}H_2O$$

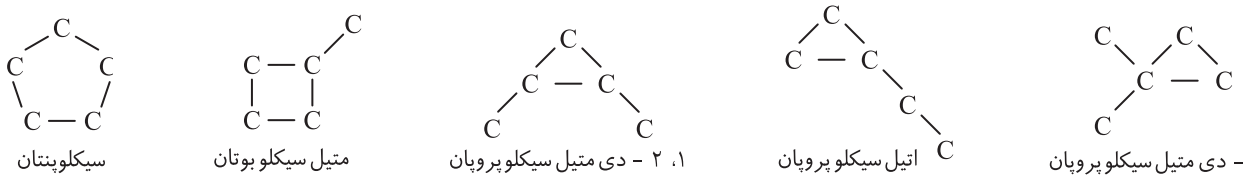
$$100\,L\,CO_2\times\frac{1/1\,g\,CO_2}{1\,L\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}\times\frac{(x+\frac{y}{4})mol\,O_2}{x\,mol\,CO_2}\times\frac{32\,g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=120\,g\,O_2\Rightarrow 1/5x=x+\frac{y}{4}\Rightarrow x=\frac{y}{2}$$

با توجه به اینکه y دو برابر x است، و هیدروکربن مورد نظر سیرشده است، می‌توان نتیجه گرفت که هیدروکربن مورد نظر یک سیکلوآلکان است. با در نظر گرفتن این‌که

مجموع ضرایب مولی فراورده‌های واکنش سوختن کامل یک مول از این هیدروکربن برابر ۱۰ است. داریم:

$$x+\frac{y}{2}=10\xrightarrow{x=\frac{y}{2}}x=5\,,\,y=10$$

پس فرمول سیکلوآلکان مورد نظر C_5H_{10} است.



۱، ۱ – دی متیل سیکلو پروپان | اتیل سیکلو پروپان | ۱، ۲ – دی متیل سیکلو پروپان | متیل سیکلو بوتان | سیکلوپنتان

۳ ۳ کربن فقط با آهن (III) اکسید وارد واکنش می‌شود و با سدیم اکسید واکنش نمی‌دهد. $2Fe_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow 4Fe(s)+3CO_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل): جرم آهن تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Fe=100\,g\,Fe_2O_3(\text{ناخالص})\times\frac{80\,g\,Fe_2O_3(\text{خالص})}{100\,g\,Fe_2O_3(\text{ناخالص})}\times\frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{160\,g\,Fe_2O_3}\times\frac{4\,mol\,Fe}{2\,mol\,Fe_2O_3}\times\frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe}=56\,g\,Fe$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم ناخالص } Fe_2O_3\times\frac{P_1}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم Fe}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{100\times 0/8}{2\times 160}=\frac{x(g)}{4\times 56}\Rightarrow x=56g$$

جرم مادهٔ جامد باقی مانده در ظرف واکنش برابر با مجموع جرم سدیم اکسید ناخالص، جرم ناخالصی‌های موجود در آهن (III) اکسید اولیه و جرم آهن تولیدی است.

جرم جامد باقی‌مانده در ظرف = جرم نمونهٔ ناخالص Na_2O + جرم نمونهٔ ناخالصی موجود در Fe_2O_3 + جرم آهن تولید شده

$$=50\,g\,Na_2O\ (\text{ناخالص})+100\,g\,Fe_2O_3(\text{ناخالص})\times\frac{\text{ناخالصی } 20\,g}{100\,g\,Fe_2O_3(\text{ناخالص})}+56\,g\,Fe=126\,g$$

اکنون نسبت جرم فلز خالص تولید شده به کل جرم جامد باقی مانده در ظرف واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{جرم فلز خالص تولید شده}}{\text{جرم مادهٔ جامد باقی‌مانده}}=\frac{56g}{126g}\simeq 0/44$$

۴ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $Fe(s)+CuSO_4(aq)\rightarrow FeSO_4(aq)+Cu(s)$

جرم آهن مصرف شده و مس تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Fe=0/2\,L\,\text{محلول}\,CuSO_4\times\frac{0/3\,mol\,CuSO_4}{1\,L\,\text{محلول}\,CuSO_4}\times\frac{1\,mol\,Fe}{1\,mol\,CuSO_4}\times\frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe}=3/36\,g\,Fe$$

$$?\,g\,Cu=0/2\,L\,\text{محلول}\,CuSO_4\times\frac{0/3\,mol\,CuSO_4}{1\,L\,\text{محلول}\,CuSO_4}\times\frac{1\,mol\,Cu}{1\,mol\,CuSO_4}\times\frac{64\,g\,Cu}{1\,mol\,Cu}=3/84\,g\,Cu$$

حال جرم نهایی تیغه را محاسبه می‌کنیم:

جرم نهایی تیغه = جرم اولیه تیغه − جرم آهن مصرف شده + جرم مس تولید شده $=10-3/36+3/84=10/48\,g$

اکنون به کمک درصد جرمی آهن در تیغهٔ نهایی، جرم اولیهٔ آهن را محاسبه کرده و درصد جرمی آن را در تیغهٔ اولیه که ۱۰g جرم داشت، به‌دست می‌آوریم: (جرم اولیهٔ آهن را x در نظر می‌گیریم):

$$\text{درصد جرمی Fe}=\frac{x-3/36}{10/48}\times 100=50\Rightarrow x=8/6\,g\,Fe$$

درصد خلوص آهن در تیغهٔ اولیه برابر است با:

$$\text{درصد خلوص Fe}=\frac{\text{جرم خالص Fe}}{\text{جرم ناخالص Fe}}\times 100=\frac{8/6(g)}{10(g)}\times 100=\%86$$

۵ ۴ معادلهٔ واکنش موازنه شده: $2NaHCO_3(s)\rightarrow Na_2CO_3(s)+CO_2(g)+H_2O(g)$

ابتدا جرم گاز خروجی را محاسبه می‌کنیم تا جرم تودهٔ جامد باقی مانده محاسبه شود: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$\text{گاز خروجی } 12/4\,g=50\,g\,NaHCO_3\text{ ناخالص}\times\frac{84\,g\,NaHCO_3\text{ خالص}}{100\,g\,NaHCO_3\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3}\times\frac{(1\times 44+1\times 18)g\text{ گاز}}{2\,mol\,NaHCO_3}\times\underbrace{\frac{80}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=?\,g\text{ گاز}$$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{گرم } NaHCO_3 \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مجموع گرم گازها}}{\text{مجموع جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{50 \times \frac{84}{100} \times \frac{80}{100}}{2 \times 84} = \frac{x}{(1 \times 44 + 1 \times 18)} \Rightarrow x = 12/4\,g$ گاز

پس جرم جامد باقی مانده برابر است با: جرم جامد باقی مانده = جرم اولیه − جرم گاز خروجی $\Rightarrow 50 - 12/4 = 37/6\,g$

برای محاسبهٔ کربن باقی مانده در تودهٔ جامد باقی مانده باید ابتدا کربن اولیه را محاسبه کنیم و سپس مقدار کربنی که در گاز CO_2 تولید شده را از آن کم کنیم تا جرم کربن نهایی به دست آید.

$$?\,g\,C = 50\,g\,NaHCO_3\,\text{ناخالص} \times \frac{84\,g\,NaHCO_3\,\text{خالص}}{100\,g\,NaHCO_3\,\text{ناخالص}} \times \frac{12\,g\,C}{84\,g\,NaHCO_3} = 6\,g\,C$$

$$?\,g\,CO_2\ \text{در}\ C = 50\,g\,NaHCO_3\,\text{ناخالص} \times \frac{84\,g\,NaHCO_3\,\text{خالص}}{100\,g\,NaHCO_3\,\text{ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3\,\text{خالص}} \times \frac{1\,mol\,CO_2}{2\,mol\,NaHCO_3} \times \frac{1\,mol\,C}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C} \times \underbrace{\frac{80}{100}}_{\text{بازده درصدی}}$$

$$= 2/4\,CO_2\ \text{در}\ C$$

پس جرم کربن باقی مانده در نهایت برابر است با: نهایی $6 - 2/4 = 3/6\,g\,C$

درصد جرمی کربن در تودهٔ جامد باقی مانده را محاسبه می‌کنیم: $\text{درصد جرمی کربن} = \frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم جامد باقی مانده}} \times 100 = \frac{3/6}{37/6} \times 100 \simeq \%9/5$

۶ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

بازده واکنش را R درصد در نظر می‌گیریم. جرم جامد باقی مانده در ظرف برابر اختلاف جرم گاز CO_2 خروجی و جرم جامد اولیه است. جرم گاز خروجی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_2 = 40\,g\,CaCO_3\,\text{ناخالص} \times \frac{80\,g\,CaCO_3\,\text{خالص}}{100\,g\,CaCO_3\,\text{ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3} \times \frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3} \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{R}{100} = 0/1408R\,g\,CO_2$$

پس جرم جامد باقی مانده برابر است با: جرم جامد باقی‌مانده $= 40 - 0/1408R$

جرم کلسیم کربنات خالص اولیه برابر $32\,g\ (40 \times \frac{8}{10})$ است که R درصد آن وارد واکنش شده و $(100-R)$ درصد آن در ظرف باقی مانده است، پس داریم:

$$\text{جرم کلسیم کربنات خالص باقی‌مانده} - \text{جرم جامد باقی‌مانده} = [40 - 0/1408R] - [32(\frac{100-R}{100})] = 21/44 \Rightarrow R = \%75$$

۷ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $4XO + O_2 \rightarrow 2X_2O_3$. جرم مولی عنصر X را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم. **روش اول (کسر تبدیل):**

$$44/4\,g\,XO\,\text{ناخالص} \times \frac{60\,g\,XO\,\text{خالص}}{100\,g\,XO\,\text{ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,XO}{(M+16)\,g\,XO} \times \frac{2\,mol\,X_2O_3}{4\,mol\,XO} \times \frac{(2M+48)\,g\,X_2O_3}{1\,mol\,X_2O_3} \times \underbrace{\frac{50}{100}}_{\text{بازده درصدی}} = 14/76\,g\,X_2O_3 \Rightarrow M = 58\,g.mol^{-1}$$

پس عنصر مورد نظر نیکل $(^{58}_{28}Ni)$ است.

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{گرم XO ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم } X_2O_3}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{44/4 \times \frac{60}{100} \times \frac{50}{100}}{4 \times (M+16)} = \frac{14/76}{2(2M+48)} \Rightarrow M = 58\,g.mol^{-1}$

پس عنصر مورد نظر نیکل $(^{58}_{28}Ni)$ است.

۸ ۳ واکنش‌های موازنه شده: $C_2H_6(g) + 7O_2(g) \rightarrow 4CO_2(g) + 6H_2O(g)$ $\quad C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(g)$

جرم اتان را x گرم و جرم پروپان را y گرم در نظر می‌گیریم و جرم بخار آب و کربن دی اکسید حاصل از سوختن هر یک از گازها را محاسبه می‌کنیم:

سوختن اتان:

$$?\,g\,CO_2 = x\,g\,C_2H_6 \times \frac{1\,mol\,C_2H_6}{30\,g\,C_2H_6} \times \frac{4\,mol\,CO_2}{2\,mol\,C_2H_6} \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = \frac{44x}{15}\,g\,CO_2$$

$$?\,g\,H_2O = x\,g\,C_2H_6 \times \frac{1\,mol\,C_2H_6}{30\,g\,C_2H_6} \times \frac{6\,mol\,H_2O}{2\,mol\,C_2H_6} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 1/8x\,g\,H_2O$$

سوختن پروپان:

$$?\,g\,CO_2 = y\,g\,C_3H_8 \times \frac{1\,mol\,C_3H_8}{44\,g\,C_3H_8} \times \frac{3\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_3H_8} \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = 3y\,g\,CO_2$$

$$?\,g\,H_2O = y\,g\,C_3H_8 \times \frac{1\,mol\,C_3H_8}{44\,g\,C_3H_8} \times \frac{4\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_3H_8} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = \frac{18}{11}y\,g\,H_2O$$

سپس با تشکیل دستگاه دو معادله - دو مجهول، x و y را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases} \text{مجموع جرم } CO_2 = \frac{44x}{15} + 3y = 149/6 \\ \text{مجموع جرم } H_2O = 1/8x + \frac{18}{11}y = 82/8 \end{cases} \Rightarrow x = 6g \quad , \quad y = 44g$$

اکنون درصد جرمی گاز سنگین‌تر، یعنی پروپان را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی پروپان} = \frac{44}{44+6} \times 100 = \%88$$

۹ ۴ در مخلوط اولیه به ازای هر ۴ اتم منیزیم، ۷ اتم کربن وجود دارد. با توجه به فرمول $MgCO_3$ به ازای هر ۴ اتم منیزیم، ۴ اتم کربن در آن وجود دارد، پس ۳ اتم کربن دیگر مربوط به $CaCO_3$ وجود دارد. در نتیجه نسبت مول $MgCO_3$ به $CaCO_3$ برابر ۴ به ۳ است. برای حل تست مقدار مول $MgCO_3$ را $4x$ و مقدار مول $CaCO_3$ را $3x$ در نظر می‌گیریم:

$$4x(84) + 3x(100) = 1272 \Rightarrow 636x = 1272 \Rightarrow x = 2$$

بازدهٔ واکنش (I) را R_1 و بازدهٔ واکنش (II) را R_2 در نظر می‌گیریم و جرم گاز CO_2 تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_2 = 8\,mol\,MgCO_3 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,MgCO_3} \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{R_1}{100} = \frac{8 \times 44 \times R_1}{100}\,g\,CO_2$$

$$?\,g\,CO_2 = 6\,mol\,CaCO_3 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,CaCO_3} \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{R_2}{100} = \frac{6 \times 44 \times R_2}{100}\,g\,CO_2$$

طبق اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{8 \times 44 \times R_1}{100} = \frac{3}{4} \times \frac{6 \times 44 \times R_2}{100} \Rightarrow 16R_1 = 9R_2 \Rightarrow R_2 = \frac{16}{9}R_1$$

مجموع بازده درصدی دو واکنش برابر ۱۰۰ است، پس: $R_2 = \%64$, $R_1 = \%36$

$$R_1 + R_2 = 100 \xrightarrow{R_2 = \frac{16}{9}R_1} R_1 + \frac{16}{9}R_1 = 100 \Rightarrow \frac{25}{9}R_1 = 100 \Rightarrow R_1 = \%36$$

۱۰ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$FeCl_2(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow Fe(OH)_2(s) + 2NaCl(aq)$$

$$FeCl_3(aq) + 3NaOH(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3NaCl(aq)$$

رنگ رسوب $Fe(OH)_2$ سبز و رنگ رسوب $Fe(OH)_3$ قهوه‌ای است. اگر نسبت مولی رسوب آهن (III) هیدروکسید به رسوب آهن (II) هیدروکسید برابر ۲ باشد، پس نسبت مولی $FeCl_3$ به $FeCl_2$ نیز برابر ۲ است. حال اگر مقدار مول آهن (II) کلرید را x و مقدار مول آهن (III) کلرید را $2x$ در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$x\,mol\,FeCl_2 \times \frac{127g\ FeCl_2}{1\,mol\ FeCl_2} + 2x\,mol\,FeCl_3 \times \frac{162/5g\,FeCl_3}{1\,mol\,FeCl_3} = 904 \Rightarrow x = 2$$

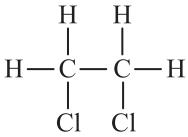
$$?\,mol\,NaCl = 2mol\,FeCl_2 \times \frac{2mol\,NaCl}{1\,mol\,FeCl_2} + 4mol\,FeCl_3 \times \frac{3mol\,NaCl}{1\,mol\,FeCl_3} = 16mol\,NaCl$$

پس در مجموع ۱۶ مول سدیم کلرید تولید می‌شود.

پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع فصل پنجم

فصل پنجم: آزمون کنکور

۱ ۲ عبارت‌های اول، سوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به تمرینات دوره‌ای فصل ۳ شیمی یازدهم، این واکنش در مجاورت کاتالیزگر $FeCl_3(s)$ انجام می‌شود. عبارت دوم: می‌دانیم که آلکن‌ها در واکنش با هالوژن‌ها به ترکیبات آلی سیرشده تبدیل می‌شوند؛ بنابراین نام فراوردهٔ حاصل «۱، ۲ - دی کلرو اتان» بوده و ساختار آن به صورت مقابل است:



عبارت سوم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,mol\,Cl_2 = 24/75\,g\,C_2H_4Cl_2 \times \frac{1\,mol\,C_2H_4Cl_2}{99\,g\,C_2H_4Cl_2} \times \frac{1\,mol\,Cl_2}{1\,mol\,C_2H_4Cl_2} = 0/25\,mol\,Cl_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } Cl_2}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } C_2H_4Cl_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x\,mol\,Cl_2}{1} = \frac{24/75}{1\times 99} \Rightarrow x = 0/25\,mol\,Cl_2$$

عبارت چهارم: با توجه به معادلهٔ واکنش، به ازای مصرف یک مول C_2H_4 که ۲۸ گرم و یک مول Cl_2 که ۷۱ گرم جرم دارد، ۱۷۸kJ گرما آزاد می‌شود. در واقع به ازای مصرف ۹۹ گرم از واکنش‌دهنده‌ها، ۱۷۸kJ گرما آزاد می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

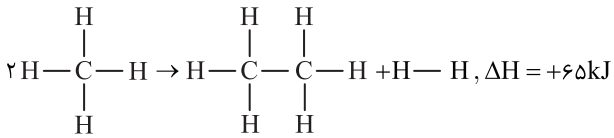
روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,\text{واکنش‌دهنده‌ها} = 8/9kJ \times \frac{99\,g\,\text{واکنش‌دهنده‌ها}}{178kJ} = 4/95g\,\text{واکنش‌دهنده‌ها}$$

روش دوم (تناسب):

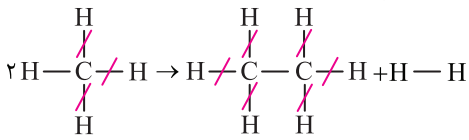
$$\frac{\text{مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها}}{\text{جرم مولی}} = \frac{|Q|}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{\text{مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها}}{99} = \frac{8/9}{178} \Rightarrow \text{مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها} = 4/95g$$

۲ ۲ با توجه به معادلهٔ زیر داریم:



ΔH واکنش = (مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها) − (مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها)

توجه: در محاسبهٔ ΔH واکنش به کمک آنتالپی پیوند، بهتر است پیوندهای مشترک در دو سمت واکنش را ساده کرد:



$$\Delta H = [2(C-H)] - [(C-C) + (H-H)] = [2(C-H)] - [348+435] = +65$$

$$\Delta H(C-H) = 424\,KJ.mol^{-1}$$

۳ ۴ اگر آنتالپی پیوند $N-H$ را x کیلوژول بر مول در نظر بگیریم، آنتالپی پیوند $N\equiv N$ برابر $2/4x$ کیلوژول بر مول خواهد شد؛ پس خواهیم داشت:

$$2NH_3(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow N_2(g) + 6HCl(g)$$

$$\Delta H = [6\Delta H(N-H) + 3\Delta H(Cl-Cl)] - [\Delta H(N\equiv N) + 6\Delta H(H-Cl)]$$

$$-440 = [6x + 3(240)] - [2/4x + 6(430)] \Rightarrow x \simeq 394\,kJ.mol^{-1}$$

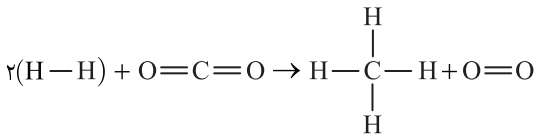
۴ ۱ ابتدا دو واکنش مورد نظر را با یکدیگر جمع می‌کنیم تا به واکنش کلی برسیم:

$$I)\ 2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

$$II)\ CO_2(g) + 2H_2O(g) \rightarrow CH_4(g) + 2O_2(g)$$

$$\text{واکنش کلی: } 2H_2(g) + CO_2(g) \rightarrow CH_4(g) + O_2(g),\ \Delta H = ?$$

فرمول ساختاری مواد شرکت‌کننده در واکنش به‌صورت زیر است:



سپس ΔH این واکنش را به کمک آنتالپی پیوندها به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta H = [\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}]$$

$$\Delta H = [2(\Delta H_{H-H}) + 2(\Delta H_{C=O})] - [4\Delta H_{C-H}) + 1(\Delta H_{O=O})]$$

$$= [2(435) + 2(790)] - [4(414) + 1(494)] = 2450 - 2150 = +300\,kJ$$

۵ ۱ ابتدا تفاوت آنتالپی سوختن دو ترکیب را محاسبه می‌کنیم؛ به این منظور ابتدا تفاوت پیوندهای واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌ها در دو واکنش را تعیین می‌کنیم.
معادلهٔ سوختن کامل بوتان و اتان به‌صورت زیر است:

$$C_4H_{10}(g)+\frac{13}{2}O_2(g)\rightarrow 4CO_2(g)+5H_2O(g)$$

$$C_2H_6(g)+\frac{7}{2}O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(g)$$

تفاوت پیوندها در معادلهٔ دو واکنش:

$$2C-C+4C-H+3O=O\rightarrow 4C=O+4O-H$$

سپس به کمک مقادیر آنتالپی‌های پیوند، ΔH واکنش فرضی بالا را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=[\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}]$$

$$=[2(348)+4(414)+3(495)]-[4(800)+4(463)]=-1215\,kJ$$

این مقدار تفاوت، مربوط به سوختن یک مول از هر کدام از ترکیبات است. برای محاسبهٔ تفاوت گرمای حاصل از سوختن ۰/۵ مول از هر کدام کافی است، عدد ۱۲۱۵− را نصف کنیم که در این صورت به عدد ۶۰۷/۵- می‌رسیم که در گزینهٔ (۱) آمده است.

$$?\,kJ=0/5\,mol\,(\text{از هر ترکیب})\times\frac{1215\,kJ}{1\,mol\,(\text{از هر ترکیب})}=607/5\,kJ$$

۶ ۴ ابتدا به کمک معادلهٔ واکنش سوختن گاز هیدروژن، آنتالپی پیوند $H-H$ را به‌دست می‌آوریم: $H_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)\rightarrow H_2O(g)\,,\,\Delta H=-242kJ$

$$\Delta H=\begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد واکنش‌دهنده}\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها}\\ \text{در مواد فراورده}\end{bmatrix}\Rightarrow -242=[\Delta H(H-H)+\frac{1}{2}\Delta H(O=O)]-[2\Delta H(O-H)]$$

$$\Rightarrow -242=[\Delta H(H-H)+\frac{1}{2}(496)]-[2(460)]\Rightarrow \Delta H(H-H)=430\,kJ.mol^{-1}$$

اکنون می‌توان ΔH واکنش $H_2(g)+2Cl(g)\rightarrow 2HCl(g)$ را محاسبه کرد:

$$\Delta H=[\Delta H(H-H)]-[2\times\Delta H(H-Cl)]=[430]-[2(430)]=-430\,kJ$$

۷ ۱ با توجه به رابطهٔ میان ΔH واکنش و آنتالپی پیوند مواد شرکت‌کننده در واکنش، می‌توان نوشت:

$$\Delta H=[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد فراورده}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوندها در مواد واکنش‌دهنده}]$$

$$\Rightarrow -92=[\Delta H(N\equiv N)+3\Delta H(H-H)]-[6\Delta H(N-H)]\Rightarrow -92=[\Delta H(N\equiv N)+3\Delta H(H-H)]-[6(390)]$$

$$\Rightarrow \Delta H(N\equiv N)+3\Delta H(H-H)=2248kJ$$

با توجه به اینکه در صورت سؤال، مجموع آنتالپی‌های پیوند در ۰/۲ مول N_2 و ۰/۶ مول H_2 خواسته شده است، طرفین رابطهٔ بالا را در ۰/۲ ضرب می‌کنیم:

$$0/2\Delta H(N\equiv N)+0/6\Delta H(H-H)=0/2\times 2248=449/6kJ$$

۸ ۳ با توجه به معادلهٔ فرایند چگالش CO_2، گرمای آزادشده از چگالش ۳ مول CO_2 برابر است با:

$$CO_2(g)\rightarrow CO_2(s)+25kJ$$

$$?\,kJ=3\,mol\,CO_2\times\frac{25kJ}{1\,mol\,CO_2}=75kJ$$

در مرحلهٔ بعد، با توجه به اطلاعات داده‌شده، آنتالپی واکنش هیدروژن‌دار شدن اتین را محاسبه می‌کنیم:

$$C_2H_2(g)+2H_2(g)\rightarrow C_2H_6(g)$$

$$\Delta H=\begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها در}\\ \text{مواد واکنش‌دهنده}\end{bmatrix}-\begin{bmatrix}\text{مجموع آنتالپی پیوندها در}\\ \text{مواد فراورده}\end{bmatrix}=[\Delta H(C\equiv C)+2\Delta H(C-H)+2\Delta H(H-H)]$$

$$-[\Delta H(C-C)+6\Delta H(C-H)]=[840+2(415)+2(435)]-[350+6(415)]=-300kJ$$

اکنون می‌توان جرم C_2H_2 مصرفی برای تولید ۷۵kJ گرما را محاسبه کرد.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_2H_2=75kJ\times\frac{1\,mol\,C_2H_2}{300kJ}\times\frac{26g\,C_2H_2}{1\,mol\,C_2H_2}=6/5g\,C_2H_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_2H_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{x\,g\,C_2H_2}{1\times 26}=\frac{75}{300}\Rightarrow x=6/5g\,C_2H_2$$

۹ ۲ آنتالپی هر واکنش که در آن تمام مواد به حالت گازی باشند، از کم کردن مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها از مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها به‌دست می‌آید. با توجه به واکنش اول، آنتالپی پیوند هیدروژن برابر با ۴۳۵ کیلوژول بر مول است. با توجه به آنتالپی واکنش اول و واکنش‌های دوم و سوم، می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{aligned}-186&=[\Delta H(H-H)+\Delta H(Cl-Cl)]-[2\Delta H(H-Cl)]\\ -544&=[\Delta H(H-H)+\Delta H(F-F)]-[2\Delta H(H-F)]\end{aligned}\right\}\xrightarrow{\text{جمع کردن طرفین دو معادله}}$$

$$-730=[435+\Delta H(Cl-Cl)+435+\Delta H(F-F)]-[2\Delta H((H-Cl)+\Delta H(H-F))]$$

$$\Rightarrow -730=[870+\frac{3}{2}\Delta H(F-F)+\Delta H(F-F)]-[2(1000)]\Rightarrow \Delta H(F-F)=400\times\frac{2}{5}=160\,kJ.mol^{-1}$$

۱۰ ۲ ارزش سوختی اتان (C_2H_6)، ۱/۷ برابر ارزش سوختی اتانول (C_2H_6O) است. با توجه به گرمای آزاد شده در اثر سوختن کامل ۰/۵ مول (۱۵ گرم) اتان، ارزش سوختی اتان برابر با «$(\frac{780\,kJ}{15\,g})=52\,kJ.g^{-1}$» است، در نتیجه ارزش سوختی اتانول برابر است با: ارزش سوختی اتانول $=\frac{52kJ.g^{-1}}{1/7}\simeq 30/6\,kJ.g^{-1}$

$$?\,g\,C_2H_5OH=780\,kJ\times\frac{1\,g\,C_2H_5OH}{30/6kJ}=25/5\,g\,C_2H_5OH$$

۱۱ ۱ با توجه به اطلاعات داده شده، می‌توان فرمول مولکولی این ترکیب را به‌دست آورد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=11/5g\times\frac{1\,mol}{(14n+18)g}\times\frac{1360kJ}{1\,mol}=340kJ\Rightarrow 14n+18=46\Rightarrow n=2$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم}}{\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{11/5}{14n+18}=\frac{340}{1360}\Rightarrow 14n+18=46\Rightarrow n=2$$

فرمول مولکولی این ترکیب C_2H_6O بوده و دارای یک ایزومر الکلی و یک ایزومر اتری است:

اتر: $H_3C-O-CH_3$ (دی‌متیل اتر) الکل: CH_3-CH_2-OH (اتانول)

۱۲ ۲ در هر خانواده از ترکیبات آلی مانند آلکان‌ها، تفاوت آنتالپی سوختن عضوهای متوالی یکسان است؛ بنابراین تفاوت آنتالپی سوختن متان و اتان با تفاوت آنتالپی سوختن اتان و پروپان برابر است؛ پس خواهیم داشت:

$$\text{آنتالپی سوختن } C_2H_6-\text{آنتالپی سوختن } CH_4=\text{آنتالپی سوختن } C_3H_8-\text{آنتالپی سوختن } C_2H_6$$

$$\Rightarrow(-1560)-(-890)=b-(-1560)\Rightarrow b=-2230\,kJ.mol^{-1}$$

از تقسیم قدرمطلق آنتالپی سوختن هر ماده به جرم مولی آن، ارزش سوختی آن ماده به‌دست می‌آید:

$$\text{ارزش سوختی } C_3H_8=\frac{|\text{آنتالپی سوختن } C_3H_8|}{\text{جرم مولی } C_3H_8}=\frac{|-2230|}{44}\simeq 50/7kJ.g^{-1}$$

۱۳ ۲ ابتدا گرمای حاصل از سوختن ۰/۲۷ g اتان را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{Al}=m_{Al}\times c_{Al}\times\Delta\theta_{Al}=780\times 0/9\times 20=14040J=14/04kJ$$

سپس آنتالپی سوختن اتان را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{آنتالپی سوختن اتان}=\frac{Q}{n}=\frac{14/04kJ}{0/009mol}=1560\,kJ.mol^{-1}$$

$$?\,mol\,C_2H_6=0/27g\,C_2H_6\times\frac{1\,mol\,C_2H_6}{30\,g\,C_2H_6}=0/009mol\,C_2H_6$$

می‌دانیم اختلاف آنتالپی سوختن آلکان‌های متوالی یکسان است؛ بنابراین با داشتن مقادیر آنتالپی سوختن متان و اتان، می‌توان آنتالپی سوختن (گرمای حاصل از سوختن یک مول) پروپان را نیز به‌دست آورد:

$$\begin{cases}\Delta H_{\text{متان}}=-890kJ.mol^{-1}\\ \Delta H_{\text{اتان}}=-1560kJ.mol^{-1}\end{cases}\Rightarrow\Delta H_{\text{اتان}}-\Delta H_{\text{متان}}=-1560-(-890)=-670kJ\Rightarrow\Delta H_{\text{پروپان}}=-1560-670=-2230kJ.mol^{-1}$$

۱۴ ۳ معادلهٔ گرماشیمیایی واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$I)\ 2C(s)+O_2(g)\rightarrow 2CO(g),\ \Delta H=-564kJ \qquad II)\ C(s)+O_2(g)\rightarrow CO_2(g),\ \Delta H=-393kJ$$

گاز CO فقط در واکنش (I) تولید می‌شود؛ ابتدا مقدار مول کربنی را که در واکنش (I) به CO تبدیل می‌شود محاسبه می‌کنیم:

$$\text{واکنش (I)}:?\,mol\,C=5/6L\,CO\times\frac{1\,mol\,CO}{22/4L\,CO}\times\frac{2mol\,C}{2mol\,CO}=0/25mol\,C$$

حال، میزان گرمای آزادشده را به ازای سوختن ۰/۲۵ مول کربن در واکنش (I) محاسبه می‌کنیم:

$$\text{واکنش (I)}:?\,kJ=0/25mol\,C\times\frac{-564kJ}{2mol\,C}=-70/5kJ$$

به این ترتیب در واکنش (II)، ۱۳۱ kJ (۲۰۱/۵−۷۰/۵) گرما آزاد شده است. اکنون محاسبه می‌کنیم که این مقدار گرما، به ازای سوختن چند گرم کربن در واکنش (II) تولید می‌شود.

$$\text{واکنش (II)}:?\,g\,C=131kJ\times\frac{1\,mol\,C}{393kJ}\times\frac{12g\,C}{1\,mol\,C}=4g\,C$$

۱۵ ۱ با توجه به اطلاعات سؤال، مول گاز O_2 مصرف شده در هر دو واکنش برابر است، پس اگر مول O_2 مصرفی در هر یک از واکنش‌ها را برابر a مول در نظر بگیریم، با توجه به ضرایب استوکیومتری مواد، مول C و H_2 مصرفی برحسب a به‌ترتیب برابر a و 2a مول است. گرمای حاصل از هر یک از واکنش‌ها برابر است با:

$$\begin{cases}I)\ a\,mol\,C\times\frac{394kJ}{1\,mol\,C}=(394a)kJ\\ II)\ 2a\,mol\,H_2\times\frac{286kJ}{1\,mol\,H_2}=(572a)kJ\end{cases}\Rightarrow 394a+572a=193/2\Rightarrow 966a=193/2\Rightarrow a=0/2mol$$

پس مقدار مول اکسیژن مصرفی در هر واکنش برابر ۰/۲ مول است. با توجه به مقدار a، جرم کربن و H_2 مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} ?\,g\,C = x = 0/2\,mol\,C \times \frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C} = 2/4\,g\,C \\ ?\,g\,H_2 = y = 0/4\,mol\,H_2 \times \frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2} = 0/8\,g\,H_2 \end{array}\right\} \Rightarrow x + y = 2/4 + 0/8 = 3/2$$

۱۶ ۱ برای رسیدن به معادلهٔ واکنش مورد نظر، واکنش اول را در ۳ ضرب، واکنش دوم را معکوس و واکنش سوم را معکوس و در عدد چهار ضرب می‌کنیم:

$$I)\ 3C(s) + 3O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g), \quad \Delta H'_1 = 3 \times (-394) = -1182\,kJ$$

$$II)\ 3CO_2(g) + 4H_2O(g) \rightarrow C_3H_8(g) + 5O_2(g), \quad \Delta H'_2 = -(-2056) = 2056\,kJ$$

$$III)\ 2O_2(g) + 4H_2(g) \rightarrow 4H_2O(g), \quad \Delta H'_3 = -4 \times (245) = -980\,kJ$$

$$\text{واکنش هدف: } 3C(s) + 4H_2(g) \rightarrow C_3H_8(g), \quad \Delta H = (-1182) + (2056) + (-980) = -106\,kJ$$

۱۷ ۳ ابتدا با توجه به واکنش‌های داده شده و به کمک قانون هس، مقدار آنتالپی واکنش مورد نظر را محاسبه می‌کنیم. برای این کار باید معادلهٔ واکنش‌های (I)، (II) و (III) را به‌ترتیب در ۲، ۳ و ۲ ضرب کنیم:

$$I)\ 2C_2H_6 + 2O_2 \rightarrow 6H_2 + 4CO, \quad \Delta H'_1 = 2 \times -137 = -274\,kJ$$

$$II)\ 6H_2 + 3O_2 \rightarrow 6H_2O, \quad \Delta H'_2 = 3 \times -578 = -1734\,kJ$$

$$III)\ 4CO + 2O_2 \rightarrow 4CO_2, \quad \Delta H'_3 = 2 \times -566 = -1132\,kJ$$

$$2C_2H_6 + 7O_2 \rightarrow 4CO_2 + 6H_2O, \quad \Delta H = \Delta H'_1 + \Delta H'_2 + \Delta H'_3 = -3140\,kJ$$

اکنون می‌توان گرمای آزادشده به ازای مصرف ۳ گرم اتان در این واکنش را محاسبه کرد:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ = 3g\,C_2H_6 \times \frac{1\,mol\,C_2H_6}{30g\,C_2H_6} \times \frac{3140\,kJ}{2\,mol\,C_2H_6} = 157\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_2H_6}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{3}{2 \times 30} = \frac{Q}{3140} \Rightarrow Q = 157\,kJ$$

۱۸ ۳ برای رسیدن به معادلهٔ واکنش مورد نظر، واکنش اول را قرینه و در $\frac{1}{3}$ ضرب می‌کنیم. واکنش دوم را در $\frac{2}{3}$ ضرب و واکنش سوم را در ۲ ضرب می‌کنیم.

$$1)\ Fe_2O_3(s) + \frac{1}{3}CO(g) \rightarrow \frac{2}{3}\cancel{Fe_3O_4}(s) + \frac{1}{3}CO_2(g), \quad \Delta H'_1 = \frac{-47}{3}\,kJ$$

$$2)\ \frac{2}{3}\cancel{Fe_3O_4}(s) + \frac{2}{3}CO(g) \rightarrow 2\cancel{FeO}(s) + \frac{2}{3}CO_2(g), \quad \Delta H'_2 = \frac{44}{3}\,kJ$$

$$3)\ 2\cancel{FeO}(s) + 2CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 2CO_2(g), \quad \Delta H'_3 = -22\,kJ$$

$$\text{معادلهٔ هدف: } Fe_2O_3(s) + 3CO(g) \rightarrow 2Fe(s) + 3CO_2(g), \quad \Delta H = \frac{-47}{3} + \frac{44}{3} - 22 = -23\,kJ$$

۱۹ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش خواسته شده به‌صورت «$\frac{1}{2}C_6H_{12}O_6(s) \rightarrow 1C_2H_6O(l) + 1CO_2(g)$» است؛ بنابراین واکنش‌های داده شده باید به‌صورت زیر تغییر کرده و مطابق قانون هس، آنتالپی واکنش مجموع آن‌ها را بیابیم:

$$2CO_2(g) + 2H_2O(l) \rightarrow CH_3COOH(l) + 2O_2(g), \quad \Delta H'_1 = +874\,kJ$$

$$CH_3COOH(l) + H_2O(l) \rightarrow C_2H_5OH(l) + O_2(g), \quad \Delta H'_2 = +493\,kJ$$

$$\frac{1}{2}C_6H_{12}O_6(s) + 3O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 3H_2O(l), \quad \Delta H'_3 = -1402/5\,kJ$$

$$\frac{1}{2}C_6H_{12}O_6(s) \rightarrow 1C_2H_6O(l) + 1CO_2(g), \quad \Delta H = \Delta H'_1 + \Delta H'_2 + \Delta H'_3 = 874 + 493 + (-1402/5) = -35/5\,kJ$$

از آنجایی که در صورت سؤال، مقدار عدد گرمای مبادله شدهٔ خواسته شده، پس جواب نهایی $35/5\,kJ$ گزارش می‌شود.

۲۰ ۴ معادلهٔ فرایند تبدیل $Cl^-(aq)$ به $\frac{1}{2}Cl_2$ به‌صورت زیر است: (در این معادله برای ساده‌تر شدن، از نوشتن الکترون‌ها صرف‌نظر شده است.)

$$Cl^-(aq) \rightarrow \frac{1}{2}Cl_2(g)$$

به منظور رسیدن به واکنش مورد نظر، واکنش اول را معکوس و در $\frac{۱}{۲}$ ضرب می‌کنیم، واکنش دوم را در $\frac{۱}{۲}$ ضرب می‌کنیم و واکنش سوم را نیز معکوس می‌کنیم:

$$I)\ HCl(aq)\rightarrow\frac{۱}{۲}H_۲(g)+\frac{۱}{۲}Cl_۲(g),\quad \Delta H=۹۲/۳kJ$$

$$II)\ \frac{۱}{۲}H_۲(g)\rightarrow H^+(aq),\quad \Delta H=۰\,kJ$$

$$III)\ H^+(aq)+Cl^-(aq)\rightarrow HCl(aq),\ \Delta H=۷۵/۲kJ$$

$$\text{واکنش هدف}:\ Cl^-(aq)\rightarrow\frac{۱}{۲}Cl_۲(g),\quad \Delta H_{\text{هدف}}=۹۲/۳+۷۵/۲=۱۶۷/۵kJ$$

علامت مثبت ΔH، به معنای گرماگیر بودن این واکنش است.

* **توجه** از آنجایی که ΔH واکنش دوم برابر با صفر بود، بنابراین تأثیری در آنتالپی واکنش هدف نداشته و می‌توانستیم از آن صرف نظر کنیم.

۲۱ ۴ به منظور رسیدن به واکنش هدف، واکنش اول را در $\frac{۳}{۲}$، واکنش دوم را در ۳ و واکنش سوم را در $\frac{۱}{۲}$ ضرب می‌کنیم:

$$I)\ ۳H_۲O(l)\rightarrow\frac{۳}{۲}O_۲(g)+۳H_۲(g),\quad \Delta H'=+۸۵۸kJ$$

$$II)\ ۳N_۲O(g)+۳H_۲(g)\rightarrow ۳N_۲(g)+۳H_۲O(l),\quad \Delta H'=-۱۱۰۱kJ$$

$$III)\ ۲NH_۳(g)+\frac{۳}{۲}O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۳H_۲O(l),\quad \Delta H'=-۷۶۵kJ$$

$$\text{واکنش هدف}:\ ۲NH_۳(g)+۳N_۲O(g)\rightarrow ۴N_۲(g)+۳H_۲O(l),\ \Delta H_{\text{هدف}}=(۸۵۸)+(-۱۱۰۱)+(-۷۶۵)=-۱۰۰۸kJ$$

۲۲ ۴ محاسبهٔ مقدار a: در واکنش (I)، ۲ مول پیوند $N-H$ شکسته شده است؛ پس a معادل دو برابر آنتالپی پیوند $N-H$ یعنی برابر $۷۸۰kJ\ (۲\times۳۹۰)$ است. محاسبهٔ مقدار b: در واکنش داده شده در متن تست، ۳ مول پیوند $N-Cl$ شکسته است؛ پس آنتالپی پیوند $N-Cl$ برابر است با:

$$۳\Delta H(N-Cl)=۵۷۰kJ\Rightarrow\Delta H(N-Cl)=۱۹۰kJ.mol^{-۱}$$

در واکنش (II) برای تشکیل یک مول NaCl $(\ddot{O}=\ddot{N}-\ddot{Cl}:)$، از اتم‌های سازندهٔ آن، یک مول پیوند $N=O$ و یک مول پیوند $N-Cl$ تشکیل شده است، پس آنتالپی این واکنش برابر است با:

$$\Delta H_{(II)}=b-[\Delta H(N=O)+\Delta H(N-Cl)]=-[(۱۹۰)+(۵۹۵)]=-۷۸۵kJ$$

مجموع $a+b$ برابر است با:

$$a+b=۷۸۰+(-۷۸۵)=-۵kJ$$

۲۳ ۳ معادلهٔ واکنش اول را بدون تغییر، واکنش دوم را معکوس، واکنش سوم را ۲ برابر و معکوس، واکنش چهارم را بدون تغییر و واکنش پنجم را معکوس می‌کنیم:

$$I)\ N_۲O_۵(g)\rightarrow NO(g)+NO_۲(g)+O_۲(g),\quad \Delta H=+۱۱۲kJ$$

$$II)\ N_۲O_۳(g)\rightarrow NO(g)+NO_۲(g),\quad \Delta H'=-(-۴۰)=+۴۰kJ$$

$$III)\ ۴NO_۲(g)\rightarrow ۲N_۲O_۴(g),\quad \Delta H'=-۲\times(+۵۷)=-۱۱۴kJ$$

$$IV)\ ۲NO(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲NO_۲(g),\quad \Delta H=-۱۱۴kJ$$

$$V)\ N_۲O_۵(s)\rightarrow N_۲O_۵(g),\quad \Delta H'=-(-۵۴)=+۵۴kJ$$

$$\text{واکنش کلی}:\ N_۲O_۵(g)+N_۲O_۳(g)\rightarrow ۲N_۲O_۴(g),\quad \Delta H=-۲۲kJ$$

۲۴ ۳ با استفاده از قانون هس، معادلهٔ هر یک از واکنش‌های داده شده را به گونه‌ای تغییر می‌دهیم که در پایان با جمع معادلهٔ واکنش‌ها، به معادلهٔ واکنش با ΔH مجهول (واکنش هدف) برسیم.

با توجه به $N_۲$ در واکنش هدف، ضرایب معادلهٔ واکنش اول را در $\frac{۱}{۴}$ ضرب می‌کنیم.

$$\Delta H'_۱=-۱۰۰۰\times(\frac{۱}{۴})=-۲۵۰kJ$$

برای حذف $N_۲O$، معادلهٔ واکنش دوم را باید وارون کرده و ضرایب را در $\frac{۳}{۴}$ ضرب کنیم.

$$\Delta H'_۲=+۳۲۰(\frac{۳}{۴})=۲۴۰kJ$$

با توجه به این‌که در واکنش هدف یک مول $N_۲H_۴$ وجود دارد و در واکنش دوم نیز $\frac{۳}{۴}$ مول $N_۲H_۴$ در سمت واکنش‌دهنده ایجاد شده است، پس معادلهٔ واکنش سوم را وارون کرده و ضرایب را در $\frac{۱}{۸}$ ضرب می‌کنیم.

$$\Delta H'_۳=+۲۸۸\times(\frac{۱}{۸})=۳۶kJ$$

برای حذف $H_۲$، ضرایب معادلهٔ چهارم را در $\frac{۹}{۸}$ ضرب می‌کنیم.

$$\Delta H'_۴=-۵۶۰(\frac{۹}{۸})=-۶۳۰kJ$$

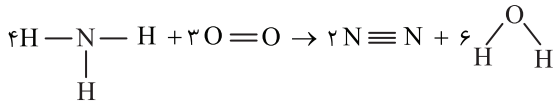
و در پایان ΔH هدف برابر با جمع جبری ΔH واکنش‌ها است:

$$\Delta H\text{هدف}=\Delta H'_۱+\Delta H'_۲+\Delta H'_۳+\Delta H'_۴=(-۲۵۰)+(۲۴۰)+(۳۶)+(-۶۳۰)=-۶۰۴kJ$$

۲۵ | ۱ قسمت اول: ابتدا به کمک آنتالپی‌های پیوند، ΔH واکنشی که همهٔ مواد در آن به حالت گازی هستند را محاسبه می‌کنیم. سپس به کمک قانون هس، ΔH واکنش مورد نظر سؤال را به‌دست می‌آوریم:

مرحلهٔ (۱):

$$۴NH_۳(g)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲N_۲(g)+۶H_۲O(g)$$



$\Delta H=$[مجموع آنتالپی پیوندهای مواد فراورده]$-$[مجموع آنتالپی پیوندهای مواد واکنش‌دهنده]

$$=[۱۲\Delta H(N-H)+۳\Delta H(O=O)]-[۲\Delta H(N\equiv N)+۱۲\Delta H(O-H)]$$

$$=[(۱۲\times ۳۹۰)+(۳\times ۴۹۵)]-[(۲\times ۹۴۰)+(۱۲\times ۴۶۳)]=-۱۲۷۱kJ$$

مرحلهٔ (۲): استفاده از قانون هس: طبق این قانون، واکنش اول بدون تغییر، واکنش دوم را معکوس و در عدد ۶ ضرب می‌کنیم.

$$I)\ ۴NH_۳(g)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲N_۲(g)+۶H_۲O(g) \quad ,\Delta H=-۱۲۷۱kJ$$

$$II)\ H_۲O(l)\rightarrow H_۲O(g) \quad ,\Delta H=+۴۴kJ$$

معادلهٔ واکنش نهایی: $۴NH_۳(g)+۳O_۲(g)\rightarrow ۲N_۲(g)+۶H_۲O(l)\ ,\Delta H=-۱۲۷۱-۶(۴۴)=-۱۵۳۵kJ$

قسمت دوم: با توجه به معادلهٔ زیر، باید ببینیم ۱۵۳۵kJ، چند مول FeO را می‌تواند به Fe تبدیل کند:

$$FeO(s)+H_۲(g)\rightarrow Fe(s)+H_۲O(l)\ ,\ \Delta H=۲۵kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,FeO=۱۵۳۵kJ\times\frac{۱\,mol\,FeO}{۲۵kJ}=۶۱/۴\,mol\,FeO$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول FeO}}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{x\,mol\,FeO}{۱}=\frac{۱۵۳۵}{۲۵}\Rightarrow x=۶۱/۴mol\,FeO$$

۲۶ | ۱ با توجه به اینکه همهٔ مواد موجود در واکنش داده شده، قابلیت سوختن را دارند، می‌توان از فرمول زیر استفاده کرد:

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=[\text{مجموع آنتالپی سوختن فراورده‌ها}]-[\text{مجموع آنتالپی سوختن واکنش‌دهنده‌ها}]\Rightarrow -۱۶۶=[-۱۹۴۰+\Delta H_{\text{سوختن}}(H_۲)]-[\Delta H_{\text{سوختن}}(C_۳H_۶)]$$

$$\Rightarrow \Delta H_{\text{سوختن}}(H_۲)-\Delta H_{\text{سوختن}}(C_۳H_۶)=-۱۷۷۴kJ$$

با توجه به متن تست که نسبت آنتالپی سوختن پروپن به هیدروژن برابر ۷/۲ است، خواهیم داشت:

$$\begin{cases}\Delta H_{\text{سوختن}}(H_۲)-\Delta H_{\text{سوختن}}(C_۳H_۶)=-۱۷۷۴\\ \dfrac{\Delta H_{\text{سوختن}}(C_۳H_۶)}{\Delta H_{\text{سوختن}}(H_۲)}=۷/۲\end{cases}\Rightarrow\frac{\Delta H_{\text{سوختن}}(C_۳H_۶)}{۷/۲}-\Delta H_{\text{سوختن}}(C_۳H_۶)=-۱۷۷۴\Rightarrow\Delta H_{\text{سوختن}}(C_۳H_۶)=-۲۰۶۰kJ.mol^{-۱}$$

۲۷ | ۱ با توجه به معادلهٔ واکنش، ضریب A در معادله برابر ۱ است، پس سرعت مصرف A با سرعت واکنش برابر است. با توجه به اینکه طی افزایش دما، سرعت واکنش از ۰/۴ به ۳/۲ افزایش یافته و ۸ برابر $\left(\frac{۳/۲}{۰/۴}\right)$ شده است، پس می‌توان نتیجه گرفت که سرعت واکنش سه مرتبه دو برابر شده است و اگر برای هر مرتبه دو برابر شدن سرعت، دما $۱۰^\circ C$ افزایش یافته باشد، به این ترتیب در این فرایند، دما $۳۰^\circ C$ افزایش یافته است. پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{سرعت ثانویهٔ واکنش}}{\text{سرعت اولیهٔ واکنش}}=۲^n\ ,\ n=\frac{\Delta\theta}{۱۰^\circ C}\ (\text{تعداد ۲ برابر شدن سرعت}) \qquad \frac{۳/۲mol.L^{-۱}.s^{-۱}}{۰/۴mol.L^{-۱}.s^{-۱}}=۲^n\Rightarrow n=۳\Rightarrow ۳=\frac{\Delta\theta}{۱۰^\circ C}\Rightarrow\Delta\theta=۳۰^\circ C$$

۲۸ | ۱ در هر ساعت غلظت $NO_۲$ در هوا ۰/۳ppm افزایش می‌یابد؛ بنابراین پس از یک بازهٔ ۴ ساعته، غلظت $NO_۲$ به میزان ۱/۲ppm در هوای شهر افزایش خواهد یافت.

با توجه به متن تست، معادلهٔ واکنش $NO_۲$ با آب به‌صورت: $NO_۲(g)+H_۲O(l)\rightarrow HNO_۳(aq)+NO(g)$ است که باید موازنه شود:

برای موازنهٔ واکنش ابتدا موازنه را با روش وارسی شروع کرده و هر جای موازنه که دیگر نتوانستیم این روش را ادامه دهیم، از روش تشکیل معادله استفاده می‌کنیم. به این منظور ابتدا موازنه را با عنصر H شروع می‌کنیم:

$$?\,NO_۲(g)+۱H_۲O(l)\rightarrow ۲HNO_۳(aq)+?\,NO(g)$$

با توجه به معادلهٔ حاصل، ملاحظه می‌کنیم که دیگر نمی‌توانیم سایر عنصرها (یعنی N و O) را به روش وارسی موازنه کنیم؛ پس ضریب $NO_۲$ و NO را به‌ترتیب a و b در نظر گرفته و برای هر کدام از عناصر N و O یک معادله تشکیل داده و آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$a\,NO_۲(g)+۱H_۲O(l)\rightarrow ۲HNO_۳(aq)+b\,NO(g)$$

$$\begin{cases}N: a=۲+b\\ O: ۲a+۱=۶+b\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}a-b=۲\\ ۲a-b=۵\end{cases}\Rightarrow a=۳, b=۱$$

پس معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$۳NO_۲(g)+H_۲O(l)\rightarrow ۲HNO_۳(aq)+NO(g)$$

* **توجه** مفهوم ppm برای آلاینده‌های گازی موجود در هواکره با مفهوم ppm مواد محلول در آب متفاوت بوده و نحوهٔ محاسبهٔ آن‌ها نیز با یکدیگر تفاوت دارد ولی طراح محترم کنکور در طراحی این تست به این مورد دقت نکرده است. ما نیز این تست را با فرض طراح حل می‌کنیم.

اگر جرم محلول برای هر دو ترکیب NO_2 و HNO_3 یکسان در نظر گرفته شود، می‌توان به کمک روابط استوکیومتری، غلظت ppm مادهٔ NO_2 را به غلظت ppm مادهٔ HNO_3 تبدیل کرد ولی همان‌طور که گفته شد، این کار تنها برای رسیدن به پاسخ مدنظر طراح است و از نظر علمی ارتباط این‌گونه میان غلظت ppm در محیط گازی و مایع درست نیست.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,ppm\,HNO_3 = 1/2\,ppm\,NO_2 \times \frac{1\,mol\,NO_2}{46\,g\,NO_2} \times \frac{2\,mol\,HNO_3}{3\,mol\,NO_2} \times \frac{63\,g\,HNO_3}{1\,mol\,HNO_3} \simeq 1/1\,ppm\,HNO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت ppm مادهٔ } NO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{غلظت ppm مادهٔ } HNO_3}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{1/2\,ppm}{46\times3} = \frac{x\,ppm\,HNO_3}{63\times2} \Rightarrow x \simeq 1/1\,ppm\,HNO_3$$

۲۹ **۲** معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2NO_2(g) + 7H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g) + 4H_2O(g)$$

مقدار مول H_2 مصرفی برابر است با:

$$?\,mol\,H_2 = 11/2\,L\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{22/4\,L\,H_2} = 0/5\,mol\,H_2$$

پس سرعت متوسط مصرف گاز H_2 برابر است با:

$$\bar{R}(H_2) = \frac{-\Delta n(H_2)}{\Delta t} = \frac{0/5}{0/5} = 1\,mol.min^{-1}$$

با توجه به ضریب‌های استوکیومتری مواد در معادلهٔ واکنش، $\bar{R}_{(H_2O)}$ برابر است با:

$$\frac{\bar{R}(H_2)}{7} = \frac{\bar{R}(H_2O)}{4} \Rightarrow \bar{R}(H_2O) = \frac{4}{7}\times\bar{R}(H_2) = \frac{4}{7}\times(1) = \frac{4}{7}\,mol.min^{-1}$$

پس مدت زمان لازم برابر است با:

$$\bar{R}(H_2O) = \frac{\Delta n(H_2O)}{\Delta t} \Rightarrow \Delta t = \frac{\Delta n(H_2O)}{\bar{R}H_2O} = \frac{0/4}{\frac{4}{7}} = 0/7\,min = 42s$$

۳۰ **۲** معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن کامل پروپان به شکل مقابل است:

$$C_3H_8 + 5O_2 \rightarrow 3CO_2 + 4H_2O$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، رابطهٔ $\frac{\bar{R}_{(O_2)}}{5} = \frac{\bar{R}_{(CO_2)}}{3}$ برقرار است و در نتیجه داریم:

$$\frac{0/015}{5} = \frac{\bar{R}_{(CO_2)}}{3} \Rightarrow \bar{R}_{(CO_2)} = 0/009\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

اکنون شمار مول CO_2 تولیدی در مدت زمان ۰/۵ دقیقه (۳۰ ثانیه) را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_{(CO_2)} = \frac{\Delta n}{V.\Delta t} \Rightarrow 0/009 = \frac{\Delta n}{5\times30} \Rightarrow \Delta n = 1/35\,mol\,CO_2$$

جرم CO_2 تولیدی برابر است با:

$$\text{جرم } CO_2 = 1/35\,mol\,CO_2 \times \frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = 59/40\,g\,CO_2$$

۳۱ **۴** قسمت اول: ابتدا از حجم CO_2 تولیدی، جرم کلسیم کربنات مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaCO_3\,\text{مصرفی} = 16/8\,L\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L\,CO_2} \times \frac{1\,mol\,CaCO_3}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{100\,g\,CaCO_3}{1\,mol\,CaCO_3} = 75\,g\,CaCO_3\,(\text{مصرفی})$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم } CO_2 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}} = \frac{\text{جرم } CaCO_3 \text{ مصرفی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{16/8}{22/4\times1} = \frac{x\,g\,CaCO_3}{100\times1} \Rightarrow x = 75\,g\,CaCO_3\,(\text{مصرفی})$$

در ادامه درصد جرمی از کلسیم کربنات که در واکنش شرکت کرده را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد } CaCO_3 \text{ مصرفی} = \frac{\text{جرم } CaCO_3 \text{ مصرفی}}{\text{جرم } CaCO_3 \text{ باقی‌مانده} + \text{جرم } CaCO_3 \text{ مصرفی}} \times 100 = \frac{75}{75+18/75} \times 100 = \%80$$

قسمت دوم: ابتدا میزان مول تولیدی CO_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta n(CO_2) = 16/8\,L\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L\,CO_2} = 0/75\,mol\,CO_2$$

با توجه به اینکه ضریب CO_2 در واکنش برابر یک است، پس سرعت متوسط تولید CO_2 با سرعت واکنش برابر است:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}} = \bar{R}_{(CO_2)} = \frac{\Delta n(CO_2)}{\Delta t} = \frac{0/75\,mol}{30\,min} = 2/5\times10^{-2}\,mol.min^{-1}$$

۳۲ **۳** با توجه به معادلهٔ واکنش و ضرایب آن، به‌ازای مصرف ۳ (۲+۱) مول واکنش‌دهندهٔ گازی، یک مول فراوردهٔ گازی تولید می‌شود، یعنی اگر مول CO و H_2 مصرفی در ۲۰ ثانیه را به‌ترتیب x و 2x در نظر بگیریم، در این بازهٔ زمانی x مول CH_3OH تولید می‌شود و طی واکنش 2x مول از مجموع شمار مول‌های گازی کاسته می‌شود که برابر ۰/۰۸ مول است؛ پس x برابر است با:

$$2x = 0/08 \Rightarrow x = 0/04$$

قسمت اول: با توجه به سرعت متوسط واکنش که برابر $۰/۰۲۴ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$ و مول CO مصرفی که برابر ۰/۰۴ مول است، حجم ظرف را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}}=\bar{R}_{(CO)}\Rightarrow ۰/۰۲۴=\frac{۰/۰۴ mol}{V_{\text{ظرف}}\times(\frac{۲۰}{۶۰})min}\Rightarrow V_{\text{ظرف}}=۵L$$

قسمت دوم: جرم CO مصرفی را از مقدار مول مصرفی آن به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,CO_{\text{مصرفی}}=۰/۰۴ mol\,CO\times\frac{۲۸ g\,CO}{۱ mol\,CO}=۱/۱۲ g\,CO$$

۳۳ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ این دو واکنش به‌صورت زیر است:

$$I)\ Al_۲(SO_۴)_۳(s)\rightarrow Al_۲O_۳(s)+۳SO_۳(g)$$

$$II)\ ۲Al(s)+Fe_۲O_۳(s)\rightarrow Al_۲O_۳(s)+۲Fe(l)$$

با توجه به عبارت‌ها، بهتر است ابتدا سرعت متوسط تولید $Al_۲O_۳$ را در دو واکنش برحسب مول بر دقیقه محاسبه کنیم:

$$\Delta t=۱۸۰s=۳ min$$

$$\text{در واکنش (I)}:\bar{R}(Al_۲O_۳)=\frac{\Delta n(Al_۲O_۳)}{\Delta t}=\frac{۳/۲ mol}{۳ min}=\frac{۳/۲}{۳} mol.min^{-۱}$$

با توجه به اینکه سرعت متوسط تولید $Al_۲O_۳$ در واکنش (II) سه برابر واکنش (I) است؛ خواهیم داشت:

$$\text{در واکنش (II)}:\bar{R}(Al_۲O_۳)=۳\times\frac{۳/۲}{۳}=۳/۲ mol.min^{-۱}$$

سپس به بررسی هر کدام از عبارت‌ها می‌پردازیم:

عبارت اول: با توجه به یکسان بودن ضرایب $Al_۲O_۳$ و $Fe_۲O_۳$ در واکنش (II)، در این واکنش، سرعت متوسط مصرف $Fe_۲O_۳$ با سرعت متوسط تولید $Al_۲O_۳$ برابر است:

$$\bar{R}(Fe_۲O_۳)=\bar{R}(Al_۲O_۳)=۳/۲ mol.min^{-۱}$$

$$?\,mol\,Fe_۲O_۳=۱/۵ min\times\frac{۳/۲ mol\,Fe_۲O_۳}{۱ min}=۴/۸ mol\,Fe_۲O_۳$$

عبارت دوم: سرعت متوسط تولید یا مصرف یک ماده متناسب با ضریب استوکیومتری آن ماده در واکنش شیمیایی است؛ بنابراین:

$$\text{در واکنش (I)}:\frac{\bar{R}(SO_۳)}{\bar{R}(Al_۲O_۳)}=\frac{۳}{۱}\Rightarrow\bar{R}(SO_۳)=۳\bar{R}(Al_۲O_۳)=۳\times\frac{۳/۲}{۳}=۳/۲ mol.min^{-۱}$$

عبارت سوم: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش (I)، به ازای تولید ۳/۲ مول $Al_۲O_۳$، مقدار ۳/۲ مول $Al_۲(SO_۴)_۳$ مصرف شده است. از آن‌جا که ۰/۸ مول $Al_۲(SO_۴)_۳$ هم‌چنان به‌صورت واکنش نداده باقی مانده است، پس مقدار اولیهٔ $Al_۲(SO_۴)_۳$ برابر ۴ mol (۳/۲+۰/۸) است. اکنون جرم این ماده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Al_۲(SO_۴)_۳=۴ mol\,Al_۲(SO_۴)_۳\times\frac{۳۴۲ g\,Al_۲(SO_۴)_۳}{۱ mol\,Al_۲(SO_۴)_۳}=۱۳۶۸g=۱/۳۶۸kg\,Al_۲(SO_۴)_۳$$

عبارت چهارم:

$$\text{در واکنش (II)}:\bar{R}(Al)=۲\times\bar{R}(Al_۲O_۳)=۲\times۳/۲=۶/۴ mol.min^{-۱}$$

$$\text{در واکنش (I)}:\bar{R}(Al_۲(SO_۴)_۳)=\bar{R}(Al_۲O_۳)=\frac{۳/۲}{۳} mol.min^{-۱}\Rightarrow\frac{\text{سرعت متوسط Al در واکنش (II)}}{\text{سرعت متوسط } Al_۲(SO_۴)_۳ \text{ در واکنش (I)}}=\frac{۶/۴}{\frac{۳/۲}{۳}}=۶$$

۳۴ ۱ ضریب مادهٔ مورد نظر که مشخص نیست را a در نظر می‌گیریم.

$$\begin{cases}\bar{R}_{(\text{واکنش})_{۲۰-۴۰}}=\frac{-(۰/۱-۰/۳)}{۲۰\times a}=\frac{۰/۰۱}{a} mol.s^{-۱}\\ \bar{R}_{(\text{واکنش})_{۱۰-۲۰}}=\frac{-(۰/۳-۰/۵)}{۱۰\times a}=\frac{۰/۰۲}{a} mol.s^{-۱}\end{cases}\Rightarrow\text{نسبت خواسته شده}=\frac{\frac{۰/۰۱}{a}}{\frac{۰/۰۲}{a}}=۰/۵$$

در سایر گزینه‌ها، با توجه به اینکه ضریب مادهٔ مورد نظر مشخص نیست، نمی‌توان اظهارنظر کرد.

۳۵ ۱ ابتدا سرعت متوسط مصرف $CO_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(CO_۲)=\frac{\frac{-\Delta n(CO_۲)}{V}}{\Delta t}=\frac{\frac{-(۰/۶-۱/۲)mol}{۲L}}{\frac{۱۰}{۶۰}min}=۱/۸ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$$

نسبت سرعت متوسط مواد برابر نسبت استوکیومتری آن‌ها است؛ پس با توجه به اینکه ضریب $CO_۲$، ۲ برابر ضریب $O_۲$ است، پس سرعت متوسط مصرف $CO_۲$ نیز ۲ برابر سرعت متوسط تولید $O_۲$ می‌باشد.

$$\frac{\bar{R}(CO_۲)}{\bar{R}(O_۲)}=\frac{۱/۸}{۰/۹}=۲$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): چنانچه $n_۳$ برابر ۰/۳mol باشد، پس میزان $CO_۲$ تجزیه شده در این بازهٔ زمانی برابر ۱/۷mol (۲−۰/۳) است؛ پس خواهیم داشت:

$$\text{میزان مول } O_۲ \text{ تولیدی}=۱/۷ mol\,CO_۲\times\frac{۱ mol\,O_۲}{۲ mol\,CO_۲}=۰/۸۵ mol\,O_۲$$

$$O_۲ \text{ غلظت مولی}=\frac{O_۲ \text{ مول}}{\text{حجم ظرف}}=\frac{۰/۸۵ mol}{۲L}=۰/۴۲۵ mol.L^{-۱}$$

گزینهٔ (۳): به ازای مصرف کامل ۲ مول CO_2، در مجموع ۳ مول گاز (O_2 و CO) تولید می‌شود؛ به عبارتی میزان مول گازی ۱/۵ برابر می‌شود. ۱/۵ برابر شدن به معنی ۵۰٪ افزایش است.

$$\%\Delta n=\frac{3-2}{2}\times 100=\%50$$

گزینهٔ (۴):

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(CO_2)}{2}=\frac{\frac{0/9\,mol}{2L\times 20s}}{2}=1/125\times 10^{-2}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

۳۶ ۳ عبارت‌های اول، دوم و سوم نادرست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش مالتوز با آب به‌صورت زیر است:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(aq)+H_2O(l)\rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$$

بنابراین نمودارهای a و b به‌ترتیب مربوط به مالتوز و گلوکز است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: با توجه به اینکه ضریب استوکیومتری مالتوز برابر یک است، پس سرعت این واکنش برابر با سرعت متوسط مصرف مالتوز است:

$$\bar{R}_{\text{واکنش }(0-10)}=\bar{R}_{\text{مالتوز }(0-10)}$$

$$\Delta t=10\,min=600s$$

$$\bar{R}_{\text{مالتوز }(0-10)}=\frac{|\Delta[\text{مالتوز}]|}{\Delta t}=\frac{|0/08-0/1|}{600}=3/33\times 10^{-5}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

عبارت دوم: ابتدا محاسبه می‌کنیم در اثر تولید ۰/۰۲ مول گلوکز، چند مول مالتوز مصرف می‌شود:

$$?\,C_{12}H_{22}O_{11}\text{ مصرفی}=0/02\,mol\,C_6H_{12}O_6\times\frac{1\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}}{2\,mol\,C_6H_{12}O_6}=0/01\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}\text{ مصرفی}$$

بنابراین ۰/۰۱ مول مالتوز مصرف می‌شود. با توجه به تعداد مول اولیهٔ مالتوز (۰/۱ mol)، در لحظه‌ای که ۰/۰۲ مول گلوکز تولید شده است، تعداد مول مالتوز در محلول برابر ۰/۰۹ (۰/۱−۰/۰۱) مول است. عبارت سوم: با توجه به نمودار، سرعت واکنش در ۱۰ دقیقهٔ نخست برابر $2\times 10^{-3}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$ است:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}}=\bar{R}_{\text{مالتوز}}=\frac{|\Delta[\text{مالتوز}]|}{\Delta t}=\frac{|0/08-0/1|}{10}=2\times 10^{-3}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

توجه کنید که سرعت متوسط واکنش با کاهش غلظت واکنش‌دهنده به مرور زمان کاهش می‌یابد؛ بنابراین سرعت واکنش در پنج دقیقهٔ چهارم می‌بایست کمتر از $2\times 10^{-3}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$ باشد. عبارت چهارم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $C_{12}H_{22}O_{11}(aq)+H_2O(l)\rightarrow 2C_6H_{12}O_6(aq)$

در این واکنش، ضریب استوکیومتری گلوکز، دو برابر مالتوز است.

۳۷ ۳ ابتدا از میزان گرمای آزاد شده، مول HF تولید شده یعنی $\Delta n(HF)$ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\Delta n(HF)=205kJ\times\frac{4\,mol\,HF}{820kJ}=1\,mol\,HF$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\Delta n(HF)}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{\Delta n(HF)}{4}=\frac{205}{820}\Rightarrow\Delta n(HF)=1\,mol$$

سپس سرعت متوسط تولید HF را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta t=\frac{20}{60}\,min=\frac{1}{3}\,min$$

$$\bar{R}_{(HF)}=\frac{\Delta[HF]}{\Delta t}=\frac{\Delta n(HF)}{V\times\Delta t}=\frac{1\,mol}{4L\times\frac{1}{3}\,min}=0/75\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

۳۸ ۱ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دو دقیقهٔ دوم، یعنی بازهٔ زمانی $t=2\,min$ تا $t=4\,min$؛ بنابراین:

$$\bar{R}(N_2O_5)=-\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}=-\frac{0/012-0/015}{2}=1/5\times 10^{-3}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

$$\bar{R}\,(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(N_2O_5)}{2}=\frac{1/5\times 10^{-3}}{2}=7/5\times 10^{-4}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

عبارت (ب): ابتدا سرعت متوسط تشکیل N_2O_5 را در بازهٔ زمانی آزمایش محاسبه کرده و سپس سرعت متوسط NO_2 را به‌دست می‌آوریم: $\Delta t=4\,min=240s$

$$\bar{R}(N_2O_5)=-\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}=-\frac{0/012-0/02}{240}=3/33\times 10^{-5}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

$$\frac{\bar{R}(NO_2)}{4}=\frac{\bar{R}(N_2O_5)}{2}\Rightarrow\bar{R}(NO_2)=\frac{4}{2}R(N_2O_5)\Rightarrow\bar{R}(NO_2)=\frac{4}{2}(3/33\times 10^{-5})=6/67\times 10^{-5}\,mol.L^{-1}.s^{-1}$$

عبارت (پ): ابتدا سرعت متوسط تشکیل O_2 را برحسب $mol.L^{-1}.h^{-1}$ در بازهٔ زمانی ۰ تا ۴ دقیقه محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta t=۴\ min=\frac{۱}{۱۵}h\Rightarrow \bar{R}(N_2O_5)=-\frac{\Delta[N_2O_5]}{\Delta t}=-\frac{۰/۰۱۲-۰/۰۲}{\frac{۱}{۱۵}}=۰/۱۲ mol.L^{-1}.h^{-1}$$

$$\bar{R}(O_2)=\frac{\bar{R}(N_2O_5)}{۲}=\frac{۰/۱۲}{۲}=۰/۰۶ mol.L^{-1}.h^{-1}$$

همان‌طور که می‌دانید، هر چه به انتهای واکنش نزدیک‌تر می‌شویم، از سرعت آن کاسته می‌شود؛ بنابراین ممکن نیست که سرعت متوسط تولید O_2 در دقایق ۴ تا ۸ (چهار دقیقهٔ دوم) بیشتر از سرعت متوسط تولید O_2 در دقایق صفر تا ۴ (چهار دقیقهٔ اول) باشد. عبارت (ت): نیمهٔ اول زمان آزمایش، یعنی دقایق صفر تا ۲ و نیمهٔ دوم، یعنی دقایق ۲ تا ۴؛ بنابراین:

$$\frac{\bar{R}(N_2O_5)(t=۲\ تا\ t=۰)}{\bar{R}(N_2O_5)(t=۴\ تا\ t=۲)}=\frac{\frac{-\Delta[N_2O_5]_۱}{\Delta t_۱}}{\frac{-\Delta[N_2O_5]_۲}{\Delta t_۲}}\xrightarrow{\Delta t_۱=\Delta t_۲}\frac{-(۰/۰۱۵-۰/۰۲)}{-(۰/۰۱۲-۰/۰۱۵)}\simeq ۱/۶۷$$

۳۹ ۴ با افزایش حجم ظرف، غلظت مواد شرکت‌کننده و سرعت واکنش کاهش می‌یابد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۱): معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $A_2+۲X_2\rightarrow ۲AX_2$

$$\bar{R}_{(واکنش)}=\frac{\bar{R}_{(A_2)}}{۱}=\frac{-\Delta n_{A_2}}{V.\Delta t}=\frac{-(-۰/۰۵ mol)}{۲L\times(۳۰-۲۰)s}=۲/۵\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

گزینهٔ (۲): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۵ است. گزینهٔ (۳):

$$\bar{R}_{(واکنش)}=\bar{R}_{(A_2)}\Rightarrow\frac{\bar{R}_{(واکنش)(۱۰-۲۰)}}{\bar{R}_{(واکنش)(۲۰-۳۰)}}=\frac{\bar{R}_{(A_2)(۱۰-۲۰)}}{\bar{R}_{(A_2)(۲۰-۳۰)}}=\frac{(\frac{-\Delta n_A}{\Delta t})_{(۱۰-۲۰)}}{(\frac{-\Delta n_A}{\Delta t})_{(۲۰-۳۰)}}=\frac{\frac{۲\times۰/۰۵}{۱۰}}{\frac{۱\times۰/۰۵}{۱۰}}=۲$$

۴۰ ۲ دقت کنید که منظور طراح از طرح این عبارت این بوده که سرعت متوسط واکنش از آغاز تا دقیقهٔ ۴۰ را محاسبه کنید؛ ولی متأسفانه این خواسته به نادرستی بیان شده است. معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است: $H_2(g)+I_2(g)\rightarrow ۲HI(g)$

با توجه به شکل، تا دقیقهٔ ۴۰، ۳ ذره I_2، معادل $۰/۱۵\ mol$ $(۳\times۰/۰۵)$، مصرف می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\bar{R}_{واکنش}=\bar{R}_{(I_2)}=\frac{\frac{|\Delta n(I_2)|}{V}}{\Delta t}=\frac{\frac{|-۰/۱۵|\ mol}{۲/۵L}}{۴۰\ min}=۱/۵\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): همان‌طور که می‌دانید، بیشترین سرعت واکنش در لحظهٔ شروع آن است و با گذشت زمان و کاهش غلظت واکنش‌دهنده‌ها، سرعت واکنش به‌تدریج کاهش می‌یابد. پس سرعت واکنش در ۱۰ دقیقهٔ آغازی بیشتر از ۱۰ دقیقهٔ دوم است و سرعت واکنش در ۲۰ دقیقهٔ آغازی برابر میانگین سرعت واکنش در این دو ۱۰ دقیقه می‌باشد. $\bar{R}_{۱۰\ تا\ ۰}>\bar{R}_{۲۰\ تا\ ۰}>\bar{R}_{۲۰\ تا\ ۱۰}$

گزینهٔ (۳): با توجه به ضرایب استوکیومتری در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، سرعت متوسط تولید فراورده (HI)، دو برابر سرعت متوسط مصرف هر یک از واکنش‌دهنده‌ها $(I_2$ یا $H_2)$ است. گزینهٔ (۴): در ۲۰ دقیقهٔ آغازی، ۲ ذره I_2، معادل $۰/۱\ mol$ $(۲\times۰/۰۵)$، مصرف شده است؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\bar{R}_{واکنش}=\bar{R}_{(I_2)}=\frac{\frac{|\Delta n(I_2)|}{V}}{\Delta t}=\frac{\frac{|-۰/۱|\ mol}{۲/۵L}}{۲۰\ min\times\frac{۶۰s}{۱\ min}}\simeq ۳/۳\times۱۰^{-۵}\ mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

۴۱ ۲ ابتدا جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

$$CH_4(g)+۲H_2S(g)\rightarrow CS_2(g)+۴H_2(g)$$

مول اولیه	۰/۲mol	۰/۴mol	۰	۰
تغییرات	$-x$	$-۲x$	$+x$	$+۴x$
مول تعادلی	$۰/۲-x$	$۰/۴-۲x$	$+x$	$+۴x$

درصد حجمی گازها در دما و فشار مشخص با درصد مولی آن‌ها برابر است.

$$\text{درصد حجمی هیدروژن}=\frac{\text{تعداد مول هیدروژن}}{\text{تعداد کل مول}}\times۱۰۰=\frac{۴x}{(۰/۲-x)+(۰/۴-۲x)+x+۴x}\times۱۰۰$$

$$=۵۰\Rightarrow ۸x=۰/۶+۲x\Rightarrow x=۰/۱\ mol$$

اکنون سرعت واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}_{واکنش}=\bar{R}(CH_4)=\frac{|\Delta n(CH_4)|}{V\times\Delta t}=\frac{۰/۱\ mol}{۱/۲۵L\times(۳۰s\times\frac{۱\ min}{۶۰s})}=۰/۱۶ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$$

۴۲ ۲ **قسمت اول:** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $۴NH_3(g)+۵O_2(g)\rightarrow ۴NO(g)+۶H_2O(g)$

$$\bar{R}_{واکنش}=\frac{\bar{R}_{NH_3}}{۴}=\frac{\bar{R}_{O_2}}{۵}=\frac{\bar{R}_{NO}}{۴}=\frac{\bar{R}_{H_2O}}{۶}$$

$\bar{R}_{NH_3}=۰/۰۸ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$ $\quad$ $\bar{R}_{O_2}=۰/۱ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$

$\bar{R}_{NO}=۰/۰۸ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$ $\quad$ $\bar{R}_{H_2O}=۰/۱۲ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$

مصرفی $NH_3=۳۰s\times\frac{۱min}{۶۰s}\times\frac{۰/۰۸mol.L^{-۱}}{۱min}\times۲L=۰/۰۸mol\ NH_3$ $\quad$ مصرفی $O_2=۳۰s\times\frac{۱min}{۶۰s}\times\frac{۰/۱mol.L^{-۱}}{۱min}\times۲L=۰/۱\ mol\ O_2$

تولیدی $NO=۳۰s\times\frac{۱min}{۶۰s}\times\frac{۰/۰۸mol.L^{-۱}}{۱min}\times۲L=۰/۰۸mol\ NO$ $\quad$ تولیدی $H_2O=۳۰s\times\frac{۱min}{۶۰s}\times\frac{۰/۱۲mol.L^{-۱}}{۱min}\times۲L=۰/۱۲mol\ H_2O$

مجموع مول گازها پس از ۳۰ ثانیه $=\underbrace{(۰/۲-۰/۰۸)}_{NH_3}+\underbrace{(۰/۲۵-۰/۱)}_{O_2}+\underbrace{۰/۰۸}_{NO}+\underbrace{۰/۱۲}_{H_2O}=۰/۴۷\ mol$

دقت کنید که بدون محاسبه نیز می‌توانستید به پاسخ برسید، به این صورت که با توجه به این‌که مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها از واکنش‌دهنده‌ها بیشتر است، پس طی واکنش، مقدار مول مواد افزایش می‌یابد. همان‌طور که مشاهده می‌کنید مجموع مول واکنش‌دهنده‌ها برابر $۰/۴۵\ mol$ $(۰/۲+۰/۲۵)$ است؛ پس با انجام واکنش مقدار مول گازها در ظرف باید بیشتر از ۰/۴۵ شود.

قسمت دوم: واکنش تا لحظه‌ای ادامه می‌یابد که کل گازهای O_2 و NH_3 موجود در ظرف مصرف شوند، بنابراین:

$\bar{R}_{O_2}=۰/۱ mol.L^{-۱}.min^{-۱}$ $\quad$ مول باقی‌ماندهٔ $O_2=۰/۱۵mol$

$\bar{R}_{O_2}=\frac{|\Delta n(O_2)|}{V\times t}\Rightarrow ۰/۱=\frac{۰/۱۵mol}{۲\times t}\Rightarrow t=\frac{۳}{۴}min=۴۵s$

بنابراین پس از گذشت ۴۵s دیگر واکنش به‌طور کامل تکمیل می‌شود.

۴۳ ۴ ابتدا واکنش را موازنه می‌کنیم:

$A_2(g)+۳X_2(g)\rightarrow ۲AX_3(g)$

براساس واکنش موازنه‌شده داریم:

$A_2(g)+۳X_2(g)\rightarrow ۲AX_3(g)$

ابتدا	۰/۸	۲/۴	۰
تغییرات	$-x$	$-۳x$	$+۲x$
مول نهایی	$۰/۸-x$	$۲/۴-۳x$	$۲x$

براساس ضرایب مواد در معادلهٔ واکنش، اگر فرض کنیم تا لحظهٔ موردنظر به اندازهٔ x مول از واکنش‌دهندهٔ A_2 مصرف شود، پس ۳x مول هم از مقدار ابتدایی (۲/۴ مول) مادهٔ $X_2(g)$ مصرف می‌شود و ۲x مول مادهٔ $AX_3(g)$ نیز تولید می‌شود. پس داریم:

مول گاز AX_3 + مول گاز A_2 = مول گاز X_2 $\xrightarrow{\text{حجم یکسان است}}$ غلظت گاز AX_3 + غلظت گاز A_2 = غلظت گاز X_2

$\Rightarrow \underbrace{۲/۴-۳x}_{\text{مول } X_2} = \underbrace{۰/۸-x}_{\text{مول } A_2} + \underbrace{۲x}_{\text{مول } AX_3} \Rightarrow x=۰/۴mol$

بنابراین در این مدت از شروع واکنش، ۰/۴ مول از گاز A_2 که نیمی از آن است مصرف شده، به این ترتیب، با فرض انجام واکنش با سرعت ثابت، مدت زمان لازم برای مصرف ۰/۴ مول A_2 برابر ۵ دقیقه است. مجموع مول‌های گازی موجود در ظرف، پس از ۵ دقیقه برابر است با:

$$\left.\begin{array}{l} n_{A_2}=۰/۸-x=۰/۸-۰/۴=۰/۴\ mol \\ n_{X_2}=۲/۴-۳x=۲/۴-۳(۰/۴)=۱/۲\ mol \\ n_{AX_3}=۲x=۲(۰/۴)=۰/۸\ mol \end{array}\right\}\Rightarrow \text{کل مول گازی}=n_{A_2}+n_{X_2}+n_{AX_3}=۰/۴+۱/۲+۰/۸=۲/۴\ mol$$

۴۴ ۳ مقدار مول مواد شرکت‌کننده در این واکنش به‌صورت زیر است:

$۲N_2O_5\rightarrow ۴NO_2+O_2$

مول اولیه	۲	۰	۰
تغییر مول	$-۲x$	$+۴x$	$+x$
مول در ۲۰ ثانیه	$۲-۲x$	$۴x$	x

با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

قسمت اول:

$۴x=۲\Rightarrow x=۰/۵mol$

با استفاده از سرعت تشکیل گاز O_2، می‌توان حجم ظرف واکنش را به‌دست آورد:

$$\bar{R}(O_2)=\frac{\Delta n(O_2)}{V.\Delta t}\Rightarrow ۰/۶=\frac{۰/۵mol}{V\times\frac{۲۰}{۶۰}min}\Rightarrow V=۲/۵L$$

قسمت دوم:

مجموع شمار مول‌های گازی $=(۲-۲x)+۴x+x=۲+۳x=۲+۳(۰/۵)=۳/۵mol$

$t=۲۰s$ مجموع غلظت مولی گازها در $=\frac{\text{مجموع شمار مول‌ها}}{V(L)}=\frac{۳/۵mol}{۲/۵L}=۱/۴mol.L^{-۱}$

۴۵ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$A_2(g)+۳D_2(g)\rightarrow ۲AD_3(g)$

با توجه به معادلهٔ واکنش، نسبت تغییرات غلظت D_2 به A_2 باید برابر ۳ باشد که در نمودار مربوط به گزینهٔ (۱) نیز غلظت D_2 به اندازهٔ ۰/۳ مولار و غلظت A_2 به اندازهٔ ۰/۱ مولار کاهش یافته است.

از طرفی به ازای کاهش غلظت A_2 به مقدار ۰/۱ مولار، غلظت AD_3 به میزان ۰/۲ مولار افزایش می‌یابد، پس مجموع شمار مول‌های گازی در ظرف برابر است با:

$$\text{مجموع شمار مول گازی} = \text{حجم ظرف} \times ([A_2]+[D_2]+[AD]) = 2\times(0/1+0/3+0/2) = 1/2\ mol$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): با توجه به معادلهٔ واکنش، نسبت تغییرات غلظت D_2 به AD_3 باید برابر ۳ به ۲ باشد، درحالی که در نمودار، غلظت D_2 به اندازهٔ ۰/۲ مولار کاهش و غلظت AD_3 به اندازهٔ ۰/۱ مولار افزایش یافته که نسبت آن‌ها برابر ۲ به ۱ است. گزینهٔ (۳): در $t=4\ min$ مقدار A_2 به صفر رسیده و واکنش کامل شده است، درحالی که براساس اطلاعات سؤال، واکنش پس از ۱۰ دقیقه کامل می‌شود. گزینهٔ (۴): نمودار به درستی رسم شده است، اما با توجه به توضیحات بالا، مجموع شمار مول‌های گازی موجود در ظرف برابر ۱/۲mol است.

فصل پنجم: آزمون جامع ۱

۱ ۳ اگر دمای تعادل را θ_2 در نظر بگیریم داریم:

$$Q_{آب}+Q_{Cu}=0 \Rightarrow (mc\Delta\theta)_{آب}+(mc\Delta\theta)_{Cu}=0 \Rightarrow 100\times4/2\times(\theta_2-78)+150\times0/4\times(\theta_2-182)=0 \Rightarrow \theta_2=91^\circ C$$

برای قطعهٔ مسی داریم:

$$\begin{cases} T_1=182^\circ C+273=455K \\ T_2=91^\circ C+273=364K \end{cases} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1}=\frac{364}{455}=0/8$$

۱ ۲ متان با فرمول مولکولی CH_4، نخستین بار از سطح مرداب‌ها جمع‌آوری شد، از این رو به گاز مرداب معروف است. برای حل تست، ابتدا جرم نمونهٔ متان را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\ CH_4 = 15/05\times10^{24}\ atom\times\frac{1\ molecule\ CH_4}{5\ atom}\times\frac{1\ mol\ CH_4}{6/02\times10^{23}\ molecule\ CH_4}\times\frac{16g\ CH_4}{1\ mol\ CH_4}=80g\ CH_4$$

در شرایط STP دمای این گاز $0^\circ C$ است. طبق رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta$ دمای نهایی نمونه را به‌دست می‌آوریم:

$$Q=mc\Delta\theta \Rightarrow 4/4\times10^3=80\times2/2\times(\theta_2-0) \Rightarrow \theta_2=25^\circ C$$

۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های انجام شده:

$$2H_2O_2(aq)\rightarrow 2H_2O(l)+O_2(g) \qquad \Delta H_1=-198kJ$$

$$C_6H_{12}O_6(s)+6O_2(g)\rightarrow 6CO_2(g)+6H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=3/6g\ C_6H_{12}O_6\times\frac{1\ mol\ C_6H_{12}O_6}{180g\ C_6H_{12}O_6}\times\frac{6mol\ O_2}{1\ mol\ C_6H_{12}O_6}\times\frac{-198kJ}{1\ mol\ O_2}=-23/76kJ$$

روش دوم (تناسب): اکسایش گلوکز:

$$\frac{\text{گرم گلوکز}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول اکسیژن}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3/6}{1\times180}=\frac{x\ mol\ O_2}{6} \Rightarrow x=0/12mol\ O_2$$

تجزیهٔ آب اکسیژنه:

$$\frac{\text{مول اکسیژن}}{\text{ضریب}}=\frac{|Q|}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{0/12}{1}=\frac{|Q|}{198} \Rightarrow |Q|=23/76kJ$$

۱ ۴ فرض می‌کنیم در واکنش اول x مول اتان تولید شود. ابتدا گرمای حاصل از تشکیل x مول اتان را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ=x\ mol\ C_2H_6\times\frac{-136kJ}{1\ mol\ C_2H_6}=-136x\ kJ$$

از آن‌جا که نیمی از گرمای تولید شده، $\left(\frac{-136x}{2}=-68x\ kJ\right)$ در واکنش تجزیهٔ سدیم نیترات مصرف می‌شود، مقدار مول سدیم نیترات تجزیه شده به وسیلهٔ این مقدار گرما را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\ NaNO_3=68x\ kJ\times\frac{2mol\ NaNO_3}{238kJ}=\frac{4x}{7}\ mol\ NaNO_3$$

پس نسبت جرم اتان تولید شده $(x\ mol)$ به جرم سدیم نیترات مصرفی $\left(\frac{4x}{7}\ mol\right)$ برابر است با:

$$\frac{\text{جرم اتان تولید شده}}{\text{جرم سدیم نیترات مصرفی}}=\frac{x\times30}{\frac{4}{7}x\times85}\simeq0/62$$

۵ ۴ محاسبهٔ آنتالپی پیوند $(N—H)$: ابتدا آنتالپی واکنش تبدیل آمونیاک به اتم‌های گازی سازنده‌اش را محاسبه می‌کنیم:

$$NH_3(g)\rightarrow N(g)+3H(g), \quad \Delta H=?, \quad \Delta H_{\text{واکنش}}=1\ mol\ NH_3\times\frac{17g\ NH_3}{1\ mol\ NH_3}\times\frac{469/2kJ}{6/8g\ NH_3}=1173kJ$$

طی واکنش ۳ مول پیوند N—H شکسته می‌شود، پس آنتالپی پیوند N—H برابر است با:

$$\Delta H(N—H)=\frac{1173kJ}{3mol}=391\ kJ.mol^{-1}$$

محاسبهٔ آنتالپی پیوند (C—H): ابتدا آنتالپی واکنش تبدیل متان به اتم‌های گازی سازنده‌اش را به‌دست می‌آوریم:

$$CH_4(g)\rightarrow C(g)+4H(g),\quad \Delta H=?,\quad \Delta H=1\,mol\,CH_4\times\frac{16g\,CH_4}{1\,mol\,CH_4}\times\frac{33/2kJ}{0/32g\,CH_4}=1660kJ$$

طی واکنش چهار مول پیوند C—H شکسته می‌شود، پس آنتالپی پیوند C—H برابر است با:

$$\Delta H(C-H)=\frac{1660kJ}{4mol}=415kJ.mol^{-1}$$

اکنون تفاوت آنتالپی پیوندهای C—H و N—H را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H(C-H)-\Delta H(N-H)=415-391=24kJ.mol^{-1}$$

۶ ۴ آنتالپی پیوند B—B را x کیلوژول بر مول فرض می‌کنیم و داریم:

$$\Delta H(A-B)=\Delta H(B-B)+20=(x+20)kJ.mol^{-1}$$

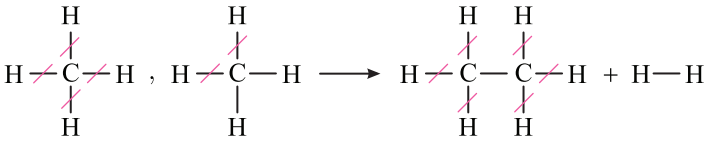
$$\Delta H(A-A)=\Delta H(B-B)-50=(x-50)kJ.mol^{-1}$$

برای واکنش مورد نظر داریم:

$$\Delta H=[\Delta H(A-A)+\Delta H(B-B)]-[2\Delta H(A-B)]=[x-50+x]-[2(x+20)]=-90kJ$$

پس واکنش گرماده است و نمودار گزینهٔ (۴) درست است.

۷ ۲ ابتدا باید آنتالپی واکنش مورد نظر را به‌دست آوریم. فرمول ساختاری مواد شرکت‌کننده در واکنش را رسم می‌کنیم: $2CH_4(g)\rightarrow C_2H_6(g)+H_2(g)$



$$\Delta H=[2\Delta H(C-H)]-[\Delta H(C-C)+\Delta H(H-H)]=[2(415)]-[348+436]=+46kJ$$

سپس گرمای لازم برای تولید ۱/۶۸ لیتر اتان در شرایط STP را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=1/68L\,C_2H_6\times\frac{1\,mol\,C_2H_6}{22/4L\,C_2H_6}\times\frac{46kJ}{1\,mol\,C_2H_6}\times\frac{100}{75}=4/6kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{لیتر اتان(STP)}}{\text{ضریب}\times 22/4}=\frac{Q\times\frac{R}{100}}{\Delta H}\Rightarrow\frac{1/68}{1\times 22/4}=\frac{Q\times\frac{75}{100}}{46}\Rightarrow Q=4/6kJ$$

۸ ۳ جرم بیسکوئیت لازم:

$$?\,g\,\text{بیسکوئیت}=300\,min\times\frac{1\,h}{60\,min}\times\frac{200kcal}{1\,h}\times\frac{4/2kJ}{1\,kcal}\times\frac{1\,g\,\text{بیسکوئیت}}{21\,kJ}=200g$$

با توجه به ارزش سوختی این ماده انرژی آن را محاسبه می‌کنیم و با استفاده از فرمول $Q=mc\Delta\theta$ جرم آب را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kcal=200g\,\text{بیسکوئیت}\times\frac{21\,kJ}{1\,g\,\text{بیسکوئیت}}\times\frac{1\,kcal}{4/2kJ}=1000kcal,\quad Q=mc\Delta\theta\Rightarrow 1000\times10^3cal=m\times1\times(72/5-32/5)\Rightarrow m=25\times10^3g=25kg$$

۹ ۱ معادلهٔ کلی سوختن هیدروکربن‌ها به صورت مقابل است:

$$C_xH_y+(x+\frac{y}{4})O_2\rightarrow xCO_2+\frac{y}{2}H_2O$$

$$16/5\times10^{21}molecule\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{6\times10^{23}molecule\,O_2}\times\frac{1\,mol\,C_xH_y}{(x+\frac{y}{4})\,mol\,O_2}\times\frac{(12x+y)g\,C_xH_y}{1\,mol\,C_xH_y}=0/27g\,C_xH_y$$

$$\Rightarrow\frac{108}{11}=\frac{12x+y}{x+\frac{y}{4}}\Rightarrow 132x+11y=108x+27y\Rightarrow 3x=2y\quad (I)$$

ازطرفی مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش سوختن یک مول هیدروکربن برابر ۱۳/۵ است:

$$1+x+\frac{y}{4}+x+\frac{y}{2}=13/5\Rightarrow 2x+\frac{3y}{4}=12/5\quad (II)$$

حال به کمک معادله‌های (I) و (II)، x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases}3x=2y\\ 2x+\frac{3y}{4}=12/5\end{cases}\Rightarrow x=4,\ y=6$$

اکنون با محاسبهٔ x و y، معادلهٔ سوختن یک مول از هیدروکربن مورد نظر را نوشته و آنتالپی سوختن آن را محاسبه می‌کنیم: $C_4H_6+\frac{11}{2}O_2\rightarrow 4CO_2+3H_2O$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\Delta H=1\,mol\,C_4H_6\times\frac{54g\,C_4H_6}{1\,mol\,C_4H_6}\times\frac{-12/71kJ}{0/27g\,C_4H_6}=-2542kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم }C_4H_6}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{0/27}{1\times54}=\frac{-12/71}{\Delta H}\Rightarrow\Delta H=-2542kJ$$

۱۰ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ اکسایش چربی ذخیره شده در کوهان شتر: $2C_{57}H_{110}O_6(s)+163O_2(g)\rightarrow 114CO_2(g)+110H_2O(l)$

در اثر اکسایش ۲ مول چربی شتر، ۱۱۰ مول آب که ۱۹۸۰g (۱۱۰×۱۸) جرم دارد و ۱۱۴ مول کربن دی‌اکسید که ۵۰۱۶g (۱۱۴×۴۴) جرم دارد، تولید می‌شود که اختلاف جرم آن‌ها برابر ۳۰۳۶g (۵۰۱۶−۱۹۸۰) است. به این ترتیب می‌توان جرم چربی مصرفی را به‌دست آورد:

$$?\,g\,C_{57}H_{110}O_6=60/72\,g\ \text{اختلاف جرم}\times\frac{2\,mol\,C_{57}H_{110}O_6}{3036\ \text{اختلاف جرم}}\times\frac{890\,g\,C_{57}H_{110}O_6}{1\,mol\,C_{57}H_{110}O_6}=35/6\,g\,C_{57}H_{110}O_6$$

گرمای آزاد شده در اثر اکسایش این مقدار چربی ذخیره شده در کوهان شتر برابر است با:

$$?\,kJ=35/6\,g\,C_{57}H_{110}O_6\times\frac{1\,mol\,C_{57}H_{110}O_6}{890\,g\,C_{57}H_{110}O_6}\times\frac{-37750\,kJ}{1\,mol\,C_{57}H_{110}O_6}=-1510\,kJ$$

۱۱ ۲ ابتدا جرم آب و اتانول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,C_2H_5OH=115\,mL\,C_2H_5OH\times\frac{0/8\,g\,C_2H_5OH}{1\,mL\,C_2H_5OH}=92\,g\,C_2H_5OH$$

$$?\,g\,H_2O=6\,mol\,H_2O\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=108\,g\,H_2O$$

سپس کل گرمای حاصل از حل شدن ۹۲ گرم اتانول در آب را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta=55-30=25^\circ C$$

$$Q_{کل}=Q_{آب}+Q_{الکل}=(mc\Delta\theta)_{آب}+(mc\Delta\theta)_{الکل}=(108\times4/2\times25)+(92\times2/4\times25)=16860\,J=16/86\,kJ$$

اکنون آنتالپی انحلال اتانول را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\Delta H=1\,mol\,C_2H_5OH\times\frac{46\,g\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_2H_5OH}\times\frac{-16/86\,kJ}{92\,g\,C_2H_5OH}=-8/43\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم اتانول}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{92}{1\times46}=\frac{-16/86}{\Delta H}\Rightarrow\Delta H=-8/43\,kJ$$

۱۲ ۱ ابتدا آنتالپی واکنش هدف را به کمک معادلهٔ دو واکنش زیر به‌دست می‌آوریم:

واکنش هدف: $2Al_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow4Al(s)+3CO_2(g)$

۱) $Fe_2O_3(s)+2Al(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+2Fe(l)$ $\quad\Delta H_1=-800\,kJ$

۲) $2Fe_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow4Fe(l)+3CO_2(g)$ $\quad\Delta H_2=+280\,kJ$

به این منظور معادلهٔ واکنش (۱) را معکوس و در عدد ۲ ضرب می‌کنیم و معادلهٔ واکنش (۲) را بدون تغییر می‌نویسیم:

۱) $2Al_2O_3(s)+4Fe(l)\rightarrow2Fe_2O_3(s)+4Al(s)$ $\quad\Delta H'_1=-2\times(-800)=1600\,kJ$

۲) $2Fe_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow4Fe(l)+3CO_2(g)$ $\quad\Delta H'_2=+280\,kJ$

واکنش هدف: $2Al_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow4Al(s)+3CO_2(g)$ $\quad\Delta H=1600+280=1880\,kJ$

اکنون گرمای لازم برای استخراج ۵۴ گرم آلومینیم را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,kJ=54\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{1880\,kJ}{4\,mol\,Al}=940\,kJ$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم Al}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{54}{4\times27}=\frac{Q}{1880}\Rightarrow Q=940\,kJ$$

۱۳ ۲ واکنش هدف: $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow2NH_3(g)$ $\quad\Delta H=?$

الف) در معادلهٔ واکنش هدف $N_2(g)$ در سمت چپ با ضریب ۱ قرار دارد، پس واکنش (۳) را معکوس می‌کنیم:

۳) $N_2(g)+2H_2O(g)\rightarrow N_2H_4(g)+O_2(g)$ $\quad\Delta H'_3=-(-575)=575\,kJ$

ب) در معادلهٔ واکنش هدف $NH_3(g)$ در سمت راست با ضریب ۲ قرار دارد، پس واکنش (۲) را معکوس می‌کنیم:

۲) $N_2H_4(g)+H_2(g)\rightarrow2NH_3(g)$ $\quad\Delta H'_2=-(+183)=-183\,kJ$

پ) در معادلهٔ واکنش هدف $H_2(g)$ در سمت چپ با ضریب (۳) قرار دارد، پس واکنش (۱) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم تا با H_2 در واکنش (۲) جمع شود:

۱) $2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow2H_2O(g)$ $\quad\Delta H'_1=-2(242)\,kJ=-484\,kJ$

واکنش هدف: $N_2(g)+3H_2(g)\rightarrow2NH_3(g)$ $\quad\Delta H=575-183-484=-92\,kJ$

۱۴ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش هدف: $C(s,\text{گرافیت})+O_2(g)\rightarrow CO_2(g)$

ابتدا آنتالپی واکنش هدف را محاسبه می‌کنیم: **الف)** در واکنش هدف، $C(s)$ در سمت چپ با ضریب ۱ قرار دارد، پس واکنش (۱) را در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم:

۱) $C(s,\text{گرافیت})+\frac{3}{2}H_2(g)\rightarrow\frac{1}{2}C_2H_6(g)$ $\quad\Delta H'_1=\frac{1}{2}\times(-86)=-43\,kJ$

ب) در واکنش هدف، $CO_2(g)$ در سمت راست با ضریب ۱ قرار دارد، پس واکنش (۳) را در $\frac{1}{2}$ ضرب می‌کنیم:

۳) $\frac{1}{2}C_2H_6(g)+\frac{7}{4}O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+\frac{3}{2}H_2O(l)$ $\quad\Delta H'_3=\frac{1}{2}\times(-1560)=-780\,kJ$

پ) در واکنش هدف، O_2 در سمت چپ با ضریب ۱ قرار دارد، پس واکنش (۲) را معکوس کرده و در $\frac{3}{4}$ ضرب می‌کنیم تا با اکسیژن موجود در واکنش (۳) در مجموع ۱ مول O_2 در سمت چپ تولید شود:

$$\begin{array}{ll} ۲)\ \frac{3}{2}H_2O(l)\rightarrow\frac{3}{2}H_2(g)+\frac{3}{4}O_2(g) & \Delta H'_2=-\frac{3}{4}\times(-۵۷۲)=+۴۲۹kJ \\ \text{واکنش هدف}: C(s,\text{گرافیت})+O_2(g)\rightarrow CO_2(g) & \Delta H=-۴۳-۷۸۰+۴۲۹=-۳۹۴kJ \end{array}$$

سپس گرمای آزاد شده در اثر سوختن کامل ۶۰ سانتی‌متر مکعب گرافیت را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?kJ=۶۰cm^3\ C\times\frac{۲/۲۵g\ C}{۱cm^3\ C}\times\frac{۱mol\ C}{۱۲g\ C}\times\frac{-۳۹۴kJ}{۱mol\ C}=-۴۴۳۲/۵kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{چگالی کربن}\times\text{حجم کربن}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{۶۰\times۲/۲۵}{۱\times۱۲}=\frac{Q}{-۳۹۴}\Rightarrow Q=-۴۴۳۲/۵kJ$$

۱۵ **۲** نمودار داده شده مربوط به یکی از فراورده‌ها است؛ زیرا با گذشت زمان غلظت آن افزایش یافته است. سرعت واکنش در بازهٔ ۳ تا ۵ دقیقه بر حسب $mol.L^{-1}.min^{-1}$ برابر است با:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=۷/۵\times۱۰^{-3}mol.s^{-1}\times\frac{۶۰s}{۱min}\times\frac{۱}{۳L}=۰/۱۵mol.L^{-1}.min^{-1}$$

با توجه به نمودار، سرعت متوسط تولید فراوردهٔ نمایش داده شده در بازهٔ زمانی ۳ تا ۵ دقیقه برابر است با:

$$\bar{R}(x)=\frac{\Delta[x]}{\Delta t}=\frac{۴/۸-۴/۲}{۲}=۰/۳mol.L^{-1}.min^{-1}$$

از آن‌جا که در بازهٔ زمانی معین $\bar{R}(x)$ دو برابر $\bar{R}$(واکنش) است، پس ضریب استوکیومتری ماده‌ای که در نمودار نمایش داده شده برابر ۲ است. این فراورده B است؛ زیرا ضریب آن ۲ می‌باشد. غلظت اولیهٔ A برابر $M_{A_1}=\frac{۵۱mol}{۳L}=۱۷mol.L^{-1}$ است، غلظت نهایی A (یعنی M_{A_2}) را محاسبه می‌کنیم. در بازهٔ زمانی ۰ تا ۵ دقیقه مطابق ضرایب استوکیومتری داریم:

$$\frac{\bar{R}(B)}{۲}=\frac{\bar{R}(A)}{۶}\Rightarrow۳\bar{R}(B)=\bar{R}(A)\Rightarrow۳\times\frac{\Delta[B]}{\Delta t}=-\frac{\Delta[A]}{\Delta t}\Rightarrow۳\Delta[B]=-\Delta[A]\Rightarrow۳[۴/۸-۰]=-[M_{A_2}-۱۷]\Rightarrow M_{A_2}=۲/۶mol.L^{-1}$$

۱۶ **۲** با ضرب کردن $\frac{1}{6}$ در هر یک از کسرهای داده شده، به شکل استانداردی می‌رسیم که به کمک آن می‌توانیم به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها پی‌ببریم و معادلهٔ واکنش را تعیین کنیم:

$$\frac{۱}{۶}\times\left(\frac{۳\Delta n(A)}{\Delta t}=\frac{-۲\Delta n(B)}{\Delta t}=\frac{\Delta n(C)}{\Delta t}\right)\Rightarrow\frac{\Delta n(A)}{۲\Delta t}=\frac{-\Delta n(B)}{۳\Delta t}=\frac{\Delta n(C)}{۶\Delta t}$$

پس معادلهٔ واکنش به صورت $۳B\rightarrow۲A+۶C$ است. در ادامه به کمک جدول تغییر مول، مقدار مول ثانویه گونه‌های شرکت کننده در واکنش را به‌دست می‌آوریم. طبق اطلاعات مسئله داریم:

	$۳B$	$\rightarrow$	$۲A$	$+$	$۶C$
مول اولیه	۱۲		۰		۰
تغییر مول	$-۳x$		$+۲x$		$+۶x$
مول ثانویه	$۱۲-۳x$		$۲x$		$۶x$

$$\frac{\text{مجموع مول واکنش‌دهنده}}{\text{مجموع مول فراورده‌ها}}=\frac{۱۲-۳x}{۲x+۶x}=۰/۸۷۵\Rightarrow۱۲-۳x=۷x\Rightarrow۱۲=۱۰x\Rightarrow x=۱/۲$$

اکنون سرعت واکنش را از طریق سرعت تولید A محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(A)}{۲}=\frac{\Delta n(A)}{۲\times V\times\Delta t}=\frac{۲/۴mol}{۲\times۲L\times(\frac{۳۰}{۶۰})min}=۱/۲mol.L^{-1}.min^{-1}$$

۱۷ **۳** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تبدیل مالتوز به گلوکز:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(aq)+H_2O(l)\rightarrow۲C_6H_{12}O_6(aq)$$

پس در جدول داده شده A مربوط به گلوکز و B مربوط به مالتوز است:

دقیقهٔ اول:

$$\bar{R}(A)=۲\bar{R}(B)\Rightarrow\frac{\Delta[A]}{\Delta t}=-\frac{۲\Delta[B]}{\Delta t}\Rightarrow\Delta[A]=-۲\Delta[B]\Rightarrow(x-۰)=-۲(۰/۱۵-۰/۲)\Rightarrow x=۰/۱\ mol.L^{-1}$$

$$\bar{R}_1(\text{واکنش})=\bar{R}(B)\Rightarrow\frac{-\Delta[B]}{\Delta t}=\frac{-(۰/۱۵-۰/۲)mol.L^{-1}}{۱\ min}=۰/۰۵mol.L^{-1}.min^{-1}$$

دقیقه سوم:

$$\bar{R}(A)=۲\bar{R}(B)\Rightarrow\frac{\Delta[A]}{\Delta t}=-\frac{۲\Delta[B]}{\Delta t}\Rightarrow\Delta[A]=-۲\Delta[B]\Rightarrow(۰/۲۴-۰/۱۸)=-۲(۰/۰۸-y)\Rightarrow y=۰/۱۱\ mol.L^{-1}$$

$$\bar{R}_3(\text{واکنش})=\bar{R}(B)=\frac{-\Delta[B]}{\Delta t}=\frac{-(۰/۰۸-۰/۱۱)\ mol.L^{-1}}{۱min}=۰/۰۳mol.L^{-1}.min^{-1}$$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\bar{R}_3(\text{واکنش})}{\bar{R}_1(\text{واکنش})}=\frac{۰/۰۳}{۰/۰۵}=۰/۶$$

$$x+y=۰/۱+۰/۱۱=۰/۲۱\ mol.L^{-1}$$

۱۸ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$2KMnO_4(s)\rightarrow K_2MnO_4(s)+MnO_2(s)+O_2(g)$$

حجم گاز اکسیژن تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,L\,O_2=63/2\,g\,KMnO_4(\text{ناخالص})\times\frac{75\,g\,KMnO_4(\text{خالص})}{100\,g\,KMnO_4(\text{ناخالص})}\times\frac{1\,mol\,KMnO_4}{158\,g\,KMnO_4}\times\frac{1\,mol\,O_2}{2\,mol\,KMnO_4}\times\frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2}=3/36\,L\,O_2$$

سرعت متوسط تولید گاز اکسیژن در مدت زمان ۲ دقیقه برابر است با:

$$\bar{R}(O_2)=\frac{\Delta V(O_2)}{\Delta t}=\frac{(3/36-0)\,L}{(2\times60)\,s}=28\times10^{-3}\,L.s^{-1}$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{63/2\times75\times22/4}{158\times100\times2}=?\xrightarrow[\text{ساده‌سازی}]{}\frac{\overset{0/4}{\cancel{63/2}}\times\overset{3}{\cancel{75}}\times22/4}{158\times\underset{4}{\cancel{100}}\times2}\xrightarrow[\text{ساده‌سازی}]{}\frac{0/4\times3\times\overset{2/8}{\cancel{22/4}}}{\underset{4}{\cancel{4}}\times2}\xrightarrow[\text{ساده‌سازی}]{}0/4\times3\times2/8=3/36$$

۱۹ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$2SO_3(g)\rightarrow2SO_2(g)+O_2(g)$$

غلظت اولیهٔ SO_3 را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases}?\,mol\,SO_3=400\,g\,SO_3\times\frac{1\,mol\,SO_3}{80\,g\,SO_3}=5mol\,SO_3\\V=500\,mL=0/5L\end{cases}\Rightarrow M=\frac{5mol}{0/5L}=10\,mol.L^{-1}$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری SO_3، SO_2 و O_2 که به ترتیب برابر ۲، ۲ و ۱ است، می‌توان نتیجه گرفت که سرعت متوسط مصرف SO_3 برابر سرعت متوسط تولید SO_2 و دو برابر سرعت متوسط تولید O_2 است.

$$(\bar{R}(SO_3)=\bar{R}(SO_2)=2\bar{R}(O_2))$$

$$\bar{R}(O_2)+\bar{R}(SO_2)=3mol.L^{-1}.min^{-1}\Rightarrow\frac{\bar{R}(SO_3)}{2}+\bar{R}(SO_3)=3mol.L^{-1}.min^{-1}\Rightarrow\bar{R}(SO_3)=2mol.L^{-1}.min^{-1}$$

مقدار گاز SO_3 مصرف شده و درصد پیشرفت واکنش برابر است با:

$$\bar{R}(SO_3)=\frac{-\Delta[SO_3]}{\Delta t}\Rightarrow2mol.L^{-1}.min^{-1}=-\frac{\Delta[SO_3]}{3\,min}\Rightarrow\Delta[SO_3]=-6mol.L^{-1}$$

$$\text{درصد پیشرفت واکنش}=\frac{\text{غلظت مصرفی } SO_3}{\text{غلظت اولیه } SO_3}\times100=\frac{6}{10}\times100=\%60$$

از آنجا که پس از سه دقیقه، غلظت گاز SO_3 به ۴ مولار می‌رسد و این گاز با سرعت $0/5mol.L^{-1}.min^{-1}$ $(\frac{1}{4}\times2mol.L^{-1}.min^{-1})$ به مصرف می‌رسد، در ادامه زمان مصرف این مقدار را به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(SO_3)=\frac{-\Delta[SO_3]}{\Delta t}\Rightarrow0/5mol.L^{-1}.min^{-1}=\frac{-(0-4)mol.L^{-1}}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=8\,min$$

۲۰ ۳ برای حل ساده‌تر مسئله، از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

$SO_2Cl_2\rightarrow SO_2+Cl_2$ ۲

مول اولیه	۴	۰	۰
تغییر مول	$-y$	$+y$	$+y$
مول ثانویه	$4-y$	y	y

$2NO_2\rightarrow2NO+O_2$ ۱

مول اولیه	۳	۰	۰
تغییر مول	$-2x$	$+2x$	$+x$
مول ثانویه	$3-2x$	$2x$	x

$$\text{مجموع مقدار مول ثانویه}=(3+x)+(4+y)=(7+x+y)mol\Rightarrow\frac{7+x+y}{7}=1/5\Rightarrow x+y=3/5\quad,\quad\text{مجموع مقدار مول اولیه}=3+4=7mol$$

سرعت متوسط هر دو واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}_1=\bar{R}(O_2)=\frac{(x-0)mol}{5L\times2\,min}=\frac{x}{10}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

$$\bar{R}_2=\bar{R}(SO_2)=\frac{(y-0)mol}{5L\times2\,min}=\frac{y}{10}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

$$\bar{R}_1+\bar{R}_2=\frac{x}{10}+\frac{y}{10}=\frac{x+y}{10}=\frac{3/5}{10}=0/35mol.L^{-1}.min^{-1}$$

فصل پنجم: آزمون جامع ۲

۱ ۱ گرمای حاصل از واکنش و جرم هر یک از فراورده‌ها برابر است با:

$$?\,g\,H_2=168\,g\,Fe\times\frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe}\times\frac{4mol\,H_2}{3mol\,Fe}\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=8\,g\,H_2$$

$$?\,kJ=168\,g\,Fe\times\frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe}\times\frac{-174\,kJ}{3mol\,Fe}=-174\,kJ$$

$$?\,g\,Fe_3O_4=168\,g\,Fe\times\frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe}\times\frac{1\,mol\,Fe_3O_4}{3mol\,Fe}\times\frac{232\,g\,Fe_3O_4}{1\,mol\,Fe_3O_4}=232\,g\,Fe_3O_4$$

با استفاده از فرمول $Q=mc\Delta\theta$ خواهیم داشت:

$$Q_{کل}=Q_{H_2}+Q_{Fe_3O_4}=(mc\Delta\theta)_{H_2}+(mc\Delta\theta)_{Fe_3O_4}\Rightarrow ۱۷۴\times۱۰^{۳}J\times\frac{۱۷}{۱۰۰}=(۸\times۱۴/۵\times۱۵۰)+(۲۳۲\times c\times۱۵۰)\Rightarrow c=۰/۳۵J.g^{-۱}.{}^{\circ}C^{-۱}$$

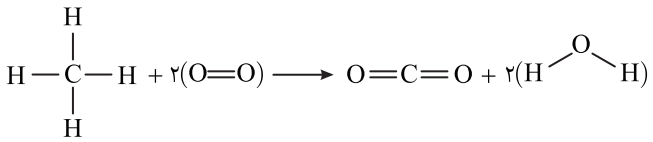
۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن متان:

$$CH_4(g)+۲O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+۲H_2O(g)$$

مقدار مول اولیهٔ گازهای موجود در داخل ظرف برابر است با:

$$?\,mol\ گاز=۲۲۴L\ گاز\times\frac{۱\,mol\ گاز}{۲۲/۴L\ گاز}=۱۰mol\ گاز$$

با توجه به درصد حجمی گازهای داده شده، ظرف واکنش حاوی ۰/۵ مول گاز متان و ۱ مول گاز اکسیژن و ۸/۵ مول گاز نیتروژن است. ۰/۵ مول گاز متان و ۱ مول گاز اکسیژن به طور کامل با هم واکنش می‌دهند (با توجه به ضرایب CH_4 و O_2 که به ترتیب برابر ۱ و ۲ است) و در نهایت فراورده‌های واکنش، یعنی بخار آب و گاز کربن دی‌اکسید به همراه نیتروژن اولیه داخل ظرف باقی می‌مانند. در ادامه ΔH واکنش سوختن کامل متان را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta H=[۴\Delta H(C-H)+۲\Delta H(O=O)]-[۲\Delta H(C=O)+۴\Delta H(O-H)]=[۴\times۴۱۵+۲\times۴۹۵]-[۲\times۷۹۹+۴\times۴۶۳]=-۸۰۰kJ$$

گرمای حاصل از واکنش و مقدار فراورده‌های تولیدی برابر است با:

$$?\,kJ=۰/۵mol\ CH_4\times\frac{-۸۰۰kJ}{۱\,mol\ CH_4}=-۴۰۰kJ$$

$$?\,g\ H_2O=۰/۵mol\ CH_4\times\frac{۲mol\ H_2O}{۱\,mol\ CH_4}\times\frac{۱۸g\ H_2O}{۱\,mol\ H_2O}=۱۸g\ H_2O$$

$$?\,g\ CO_2=۰/۵mol\ CH_4\times\frac{۱\,mol\ CO_2}{۱\,mol\ CH_4}\times\frac{۴۴g\ CO_2}{۱\,mol\ CO_2}=۲۲g\ CO_2$$

$$?\,g\ N_2=۸/۵mol\ N_2\times\frac{۲۸g\ N_2}{۱\,mol\ N_2}=۲۳۸g\ N_2$$

در انتها، به کمک رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta$، دمای نهایی مخلوط واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$Q_{کل}=Q_{H_2O}+Q_{CO_2}+Q_{N_2}=(mc\Delta\theta)_{H_2O}+(mc\Delta\theta)_{CO_2}+(mc\Delta\theta)_{N_2}\Rightarrow ۴۰۰\times۱۰^{۳}=(۱۸\times۲\times\Delta\theta)+(۲۲\times۰/۹\times\Delta\theta)+(۲۳۸\times۱/۲\times\Delta\theta)$$

$$\Rightarrow\Delta\theta\simeq۱۱۷۲^{\circ}C$$

دمای اولیه در شرایط STP برابر $۰^{\circ}C$ است، پس دمای نهایی $۱۱۷۲^{\circ}C$ می‌باشد.

۳ ۲ ابتدا آنتالپی واکنش تصعید ید (I_2) را با استفاده از واکنش‌های (۲) و (۳) به‌دست می‌آوریم:

واکنش هدف: $I_2(s)\rightarrow I_2(g)$ $\quad\Delta H=?$

واکنش (۲) را معکوس کرده و واکنش (۳) را بدون تغییر می‌نویسیم:

۱) $۲HI(g)\rightarrow H_2(g)+I_2(g)$ $\quad\Delta H'_2=-(-۹/۵)=۹/۵kJ$

۲) $H_2(g)+I_2(s)\rightarrow ۲HI(g)$ $\quad\Delta H'_3=۵۳kJ$

واکنش هدف: $I_2(s)\rightarrow I_2(g)$ $\quad\Delta H=۹/۵+۵۳=۶۲/۵kJ$

سپس گرمای لازم برای تصعید ۱۴۲/۲۴ گرم ید (I_2) را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\ CO_2=۱۴۲/۲۴g\ I_2\times\frac{۱\,mol\ I_2}{۲۵۴g\ I_2}\times\frac{۶۲/۵kJ}{۱\,mol\ I_2}=۳۵kJ$$

اکنون محاسبه می‌کنیم که این مقدار گرما را از حل کردن چند گرم کلسیم کلرید در آب می‌توان به‌دست آورد:

$$?\,g\ CaCl_2=۳۵kJ\times\frac{۱\,mol\ CaCl_2}{۸۴kJ}\times\frac{۱۱۱g\ CaCl_2}{۱\,mol\ CaCl_2}=۴۶/۲۵g\ CaCl_2$$

۴ ۱ تعیین ظرفیت گرمایی گرماسنج و محتویات آن:

ابتدا گرمای حاصل از سوختن اتن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ=۱/۶L\ C_2H_4\times\frac{۱/۲۵g\ C_2H_4}{۱\,L\ C_2H_4}\times\frac{۵۰kJ}{۱\,g\ C_2H_4}=۱۰۰kJ$$

سپس به کمک رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta=C\Delta\theta$، ظرفیت گرمایی گرماسنج و محتویات آن را به‌دست می‌آوریم:

$$Q=C\Delta\theta\Rightarrow۱۰۰=C\times۱۰\Rightarrow C=۱۰kJ.{}^{\circ}C^{-۱}$$

سپس گرمای لازم برای بالا بردن دمای مجموعه به اندازهٔ $۲۵^{\circ}C$ را محاسبه می‌کنیم:

$$Q=(C\Delta\theta)=۱۰kJ.{}^{\circ}C^{-۱}\times۲۵^{\circ}C=۲۵۰kJ$$

اکنون محاسبه می‌کنیم که این گرما از سوختن کامل چند گرم سیکلو بوتان تولید می‌شود:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ C_4H_8=۲۵۰kJ\times\frac{۱\,mol\ C_4H_8}{۲۷۵۰kJ}\times\frac{۵۶g\ C_4H_8}{۱\,mol\ C_4H_8}\simeq۵/۱g\ C_4H_8$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_4H_8}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x\,g}{۱\times۵۶}=\frac{-۲۵۰}{-۲۷۵۰}\Rightarrow x\simeq۵/۱g\ C_4H_8$$

۵ ۱ آنتالپی پیوند $N-H$ را x کیلوژول بر مول و آنتالپی پیوند $C=O$ را $۲x$ کیلوژول بر مول در نظر می‌گیریم و آنتالپی واکنش‌های (۱) و (۲) را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H_1=-[۲\Delta H(C=O)]=-۴x\ kJ\quad,\quad\Delta H_2=-[۳\Delta H(N-H)]=-۳x\ kJ$$

اگر در هر دو واکنش Q کیلوژول گرما تولید شده باشد، جرم کربن دی‌اکسید و آمونیاک تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_2 = Q\,kJ \times \frac{1\,mol\,CO_2}{4x\,kJ} \times \frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = \frac{11Q}{x}\,g\,CO_2 \qquad ?\,g\,NH_3 = Q\,kJ \times \frac{1\,mol\,NH_3}{3x\,kJ} \times \frac{17g\,NH_3}{1\,mol\,NH_3} = \frac{17Q}{3x}\,g\,NH_3$$

اکنون نسبت جرم CO_2 به NH_3 تولید شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم } CO_2}{\text{جرم } NH_3} = \frac{\frac{11Q}{x}}{\frac{17Q}{3x}} = \frac{33}{17}$$

۲ ۶ آب در فشار ۱atm، در دمای $100^\circ C$ به جوش می‌آید. ابتدا کل گرمای لازم برای رساندن دمای ۵ کیلوگرم آب $25^\circ C$ به دمای $100^\circ C$ را محاسبه می‌کنیم:

$$Q = mc\Delta\theta = 5\times10^3 \times 4/2 \times (100-25) = 1575\times10^3\,J = 1575kJ$$

اگر گرمای تولید شده در اثر سوختن مادهٔ مورد نظر در دقیقه اول را Q در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$\text{گرمای تولید شده در سه دقیقهٔ اول} = Q + \frac{Q}{2} + \frac{Q}{4} = 1400kJ \Rightarrow Q = 800kJ$$

سپس محاسبه می‌کنیم که برای رساندن دمای این نمونه آب به $100^\circ C$ به چند دقیقهٔ دیگر حرارت دادن نمونه نیاز است: $1575 - 1400 = 175kJ$

گرمای آزاد شده در هر دقیقه پس از دقیقهٔ سوم:

- در دقیقهٔ پنجم $\Rightarrow \frac{Q}{16} = \frac{800}{16} = 50kJ$
- در دقیقهٔ چهارم $\Rightarrow \frac{Q}{8} = \frac{800}{8} = 100kJ$
- در دقیقهٔ هفتم $\Rightarrow \frac{Q}{64} = \frac{800}{64} = 12/5kJ$
- در دقیقهٔ ششم $\Rightarrow \frac{Q}{32} = \frac{800}{32} = 25kJ$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، مجموع گرمای حاصل از سوختن ماده در دقیقه‌های چهارم، پنجم و ششم برابر ۱۷۵ کیلوژول است و سبب می‌شود نمونه به دمای $100^\circ C$ برسد.

۲ ۷ آنتالپی سوختن اتان، مقدار گرمای لازم برای سوختن کامل یک مول اتان در اکسیژن کافی است. پس طبق واکنش زیر، ابتدا محاسبه می‌کنیم که برای سوختن کامل یک مول اتان، چند دقیقه زمان لازم است:

$$C_2H_6(g) + \frac{7}{2}O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 3H_2O(g) \qquad \Delta H = -1560kJ$$

$$\text{زمان لازم برای سوختن کامل یک مول اتان} = 1\,mol\,C_2H_6 \times \frac{-1560kJ}{1\,mol\,C_2H_6} \times \frac{1\,s}{-31/2kJ} \times \frac{1\,min}{60s} = \frac{5}{6}\,min$$

اکنون سرعت متوسط سوختن اتان را بر حسب $mol.\,min^{-1}$ به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(C_2H_6) = \frac{\Delta n(C_2H_6)}{\Delta t} = \frac{1\,(mol)}{\frac{5}{6}(min)} = 1/2 mol.\,min^{-1}$$

۱ ۸ گرمای تولید شده از ابتدای واکنش تا ثانیهٔ پنجم برابر ۲۳ کیلوژول است. با توجه به آنتالپی واکنش مقدار آمونیاک تولیدی در این بازهٔ زمانی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,NH_3 = 23kJ \times \frac{2mol\,NH_3}{92kJ} \times \frac{17g\,NH_3}{1\,mol\,NH_3} = 8/5g\,NH_3$$

سرعت متوسط واکنش در بازهٔ ۵ تا ۲۰ ثانیه را با استفاده از سرعت متوسط مصرف گاز نیتروژن در این بازهٔ زمانی محاسبه می‌کنیم. در این بازهٔ زمانی $41/4kJ$ $(23-64/4)$ گرما تولید شده است، پس:

$$|\Delta n(N_2)| = 41/4kJ \times \frac{1\,mol\,N_2}{92kJ} = 0/45 mol\,N_2\,, \quad \bar{R}(\text{واکنش}) = \bar{R}(N_2) = \frac{|\Delta n(N_2)|}{\Delta t} = \frac{0/45(mol)}{\frac{15}{60}(min)} = 1/8 mol.\,min^{-1}$$

۲ ۹ با توجه به جدول و تغییرات مول مواد مشخص است که D و B واکنش دهنده و A و C فراورده‌اند و با توجه به تغییر مول آن‌ها واضح است که A، B، C و D به ترتیب Al_2O_3، Fe_2O_3، Fe و Al هستند. پس در مدت زمان ۱۵ دقیقه، ۱۳ مول فراورده مذاب (Fe) تولید شده است. مقدار گرمای تولید شده در این مدت برابر است با:

$$?\,kJ = 13mol\,Fe \times \frac{56g\,Fe}{1\,mol\,Fe} \times \frac{750kJ}{100g\,Fe} = 5460kJ$$

آهنگ تولید گرما در این مدت برابر است با:

$$\bar{R}(\text{گرما}) = \frac{5460kJ}{15\,min} = 364 kJ.\,min^{-1}$$

در ادامه با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها خواهیم داشت:

بازهٔ زمانی ۵ تا ۱۰ دقیقه:

$$\Delta n(C) = 2\Delta n(A) \Rightarrow 10 - X = 2(5-3) \Rightarrow X = 6$$

بازهٔ زمانی ۵ تا ۱۰ دقیقه:

$$\Delta n(B) = \frac{1}{2}\Delta n(D) \Rightarrow Y - 10 = \frac{1}{2}(3-7) \Rightarrow Y = 8$$

بازهٔ زمانی ۱۰ تا ۱۵ دقیقه:

$$\Delta n(D) = 2\Delta n(B) \Rightarrow Z - 3 = 2(6/5-8) \Rightarrow Z = 0$$

پس مجموع X، Y و Z برابر است با:

$$X + Y + Z = 6 + 8 + 0 = 14 mol$$

۱ ۱۰ آنتالپی سوختن بوتین (C_4H_6) برابر است با:

$$\Delta H_{\text{سوختن}}(C_4H_6) = -(\text{جرم مولی} \times \text{ارزش سوختی}) = -(50\times54) = -2700 kJ.mol^{-1}$$

معادلهٔ گرماشیمیایی سوختن ۱ مول بوتین به‌صورت مقابل است:

$$C_4H_6(g) + 5/5O_2 \rightarrow 4CO_2(g) + 3H_2O(g) \qquad \Delta H = -2700kJ$$

ابتدا گرمای حاصل را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ = 20s \times \frac{0/05 mol\,H_2O}{1s} \times \frac{2700kJ}{3mol\,H_2O} = 900kJ = 9\times10^5\,J$$

سپس جرم اولیهٔ آلیاژ را x کیلوگرم در نظر می‌گیریم و به کمک رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta$، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{کل}=Q_{نقره}+Q_{طلا}=(mc\Delta\theta)_{نقره}+(mc\Delta\theta)_{طلا}$$

$$۹\times۱۰^{۵}=[(۱۰^{۳}\,x\ g\ آلیاژ\times\frac{۶۶/۶۷\ g\ Ag}{۱۰۰g\ آلیاژ})\times۰/۲۳۶\times۲۵۰]+[(۱۰^{۳}\,x\ g\ آلیاژ\times\frac{۳۳/۳۳g\ Au}{۱۰۰g\ آلیاژ})\times۰/۱۲۸\times۲۵۰]\Rightarrow x\simeq۱۸kg$$

فصل پنجم: آزمون جامع ۳

۱ **۴** جرم محلول برابر است با:

$$?\,g\ محلول=۶۰۰mL\ محلول\times\frac{۰/۹۲g\ محلول}{۱\ mL\ محلول}=۵۵۲g\ محلول$$

اگر مقدار مول اتیلن گلیکول را $۰/۶x$ و مقدار مول آب را x در نظر بگیریم، جرم هر کدام برابر است با:

$$?\,g\ C_۲H_۴(OH)_۲=۰/۶x\ mol\ C_۲H_۴(OH)_۲\times\frac{۶۲g\ C_۲H_۴(OH)_۲}{۱\ mol\ C_۲H_۴(OH)_۲}=۳۷/۲x\ g\ C_۲H_۴(OH)_۲$$

$$?\,g\ H_۲O=x\ mol\ H_۲O\times\frac{۱۸g\ H_۲O}{۱\ mol\ H_۲O}=۱۸x\ g\ H_۲O \qquad ۳۷/۲x+۱۸x=۵۵۲\Rightarrow x=۱۰$$

پس ۱۰ مول آب و ۶ مول اتیلن گلیکول در مخلوط داریم. با استفاده از رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta$ خواهیم داشت: (ظرفیت گرمایی یک مول از هر ماده را داریم)

$$Q_{کل}=Q_{آب}+Q_{الکل}=(nc\Delta\theta)_{آب}+(nc\Delta\theta)_{الکل}=(۱۰\times۷۵/۶\times۲۰)+(۶\times۱۴۴\times۲۰)=۳۲۴۰۰J=۳۲/۴kJ$$

۲ **۳** اگر فرض کنیم x گرم آمونیوم نیترات را در آب حل کرده باشیم، داریم:

$$?\,kJ=xg\ NH_۴NO_۳\times\frac{۱\ mol\ NH_۴NO_۳}{۸۰g\ NH_۴NO_۳}\times\frac{۲۶kJ}{۱\ mol\ NH_۴NO_۳}=\frac{۱۳}{۴۰}\,x\ kJ$$

جرم محلول $(۴۸۰+x)$ گرم است. از رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta$ استفاده می‌کنیم:

$$|\Delta\theta|=۳۰/۲-۲۵=۵/۲^{\circ}C$$

$$Q_{کل}=Q_{محلول}+Q_{گرماسنج}=(mc|\Delta\theta|)_{محلول}+(C|\Delta\theta|)_{گرماسنج}\Rightarrow\frac{۱۳}{۴۰}x\times۱۰^{۳}J=((۴۸۰+x)\times۴\times۵/۲)+(۴۲۰\times۵/۲)$$

$$۳۲۵x=۹۹۸۴+۲۰/۸x+۲۱۸۴\Rightarrow۳۰۴/۲x=۱۲۱۶۸\Rightarrow x=۴۰g$$

۳ **۲** برای محاسبهٔ آنتالپی پیوند $(N—N)$ ابتدا باید آنتالپی واکنش $N_۲H_۴(g)+O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۲H_۲O(g)$ را به کمک سه واکنش زیر به‌دست آوریم:

$$۱)\ N_۲H_۴(l)+O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۲H_۲O(l) \qquad \Delta H_۱=-۶۱۲kJ$$

$$۲)\ N_۲H_۴(l)\rightarrow N_۲H_۴(g) \qquad \Delta H_۲=۴۵kJ$$

$$۳)\ H_۲O(l)\rightarrow H_۲O(g) \qquad \Delta H_۳=۴۱kJ$$

برای رسیدن به واکنش هدف، واکنش (۱) را بدون تغییر نوشته، واکنش (۲) را معکوس و واکنش (۳) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم:

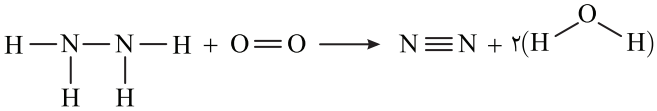
$$۱)\ N_۲H_۴(l)+O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۲H_۲O(l) \qquad \Delta H_۱=-۶۱۲kJ$$

$$۲)\ N_۲H_۴(g)\rightarrow N_۲H_۴(l) \qquad \Delta H'_۲=-(۴۵)=-۴۵kJ$$

$$۳)\ ۲H_۲O(l)\rightarrow ۲H_۲O(g) \qquad \Delta H'_۳=۲\times۴۱=+۸۲kJ$$

$$\text{واکنش هدف}: N_۲H_۴(g)+O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۲H_۲O(g) \qquad \Delta H=-۶۱۲-۴۵+۸۲=-۵۷۵kJ$$

اکنون به کمک آنتالپی پیوندها، آنتالپی پیوند $(N—N)$ را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta H_{واکنش}=[\Delta H(N—N)+۴\Delta H(N—H)+\Delta H(O=O)]-[\Delta H(N\equiv N)+۴\Delta H(O—H)]$$

$$-۵۷۵=[\Delta H(N—N)+۴(۳۹۱)+۴۹۵]-[۹۴۵+۴(۴۶۳)]\Rightarrow\Delta H(N—N)=۱۶۳kJ.mol^{-۱}$$

۴ **۳** ابتدا مقدار گاز هیدروژن تولید شده در واکنش فلز سدیم با آب را محاسبه می‌کنیم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$۲Na(s)+۲H_۲O(l)\rightarrow ۲NaOH(aq)+H_۲(g),\quad ?\,mol\ H_۲=۲۵۰g\ Na\ ناخالص\times\frac{۹۲g\ Na\ خالص}{۱۰۰g\ Na\ ناخالص}\times\frac{۱\ mol\ Na}{۲۳g\ Na}\times\frac{۱\ mol\ H_۲}{۲mol\ Na}=۵mol\ H_۲$$

حال فرض می‌کنیم x مول از گاز هیدروژن در واکنش (I) و $(۵-x)$ مول از گاز هیدروژن در واکنش (II) مصرف شده است. گرمای تولید شده در هر واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{واکنش (I)}: ?\,kJ=x\ mol\ H_۲\times\frac{-۹۲kJ}{۳mol\ H_۲}\times\underbrace{\frac{۷۵}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}}=-۲۳x\ kJ \quad , \quad \text{واکنش (II)}: ?\,kJ=(۵-x)mol\ H_۲\times\frac{-۱۸۳kJ}{۱\ mol\ H_۲}\times\underbrace{\frac{۵۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}}=-۹۱/۵(۵-x)kJ$$

پس با توجه به مطالب ارائه شده در مسئله، خواهیم داشت:

$$\text{مجموع گرمای حاصل از واکنش‌ها}=-۲۳x-۹۱/۵(۵-x)=-۲۵۲\Rightarrow ۲۳x+۴۵۷/۵-۹۱/۵x=۲۵۲\Rightarrow ۲۰۵/۵=۶۸/۵x\Rightarrow x=۳$$

پس ۳ مول گاز هیدروژن در واکنش (I) و ۲ مول گاز هیدروژن در واکنش (II) به مصرف رسیده است: $\text{درصد } H_۲ \text{ مصرفی در واکنش (II)}=\frac{۲}{۵}\times ۱۰۰=٪۴۰$

مباشر مهاسازی

$$\frac{۲۵۰\times ۹۲}{۱۰۰\times ۲۳\times ۲}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{\overset{۵}{۲۵۰}\times\overset{۲}{۹۲}}{\underset{۲}{۱۰۰}\times ۲۳\times ۲}=\frac{۵\times ۲}{۲}=۵$$

۵ ۴ معادلهٔ واکنش‌های سوختن کامل یک مول متانول و یک مول اتانول به صورت زیر است:

$$CH_۳OH+\frac{۳}{۲}O_۲\rightarrow CO_۲+۲H_۲O \qquad C_۲H_۵OH+۳O_۲\rightarrow ۲CO_۲+۳H_۲O$$

اگر فرض کنیم x گرم متانول و $(۲۲-x)$ گرم اتانول را سوزانده‌ایم، گرمای حاصل از سوختن آن‌ها برابر است با:

متانول: $$?\,kJ=x\,g\,CH_۳OH\times\frac{۱\,mol\,CH_۳OH}{۳۲g\,CH_۳OH}\times\frac{-۷۲۵kJ}{۱\,mol\,CH_۳OH}=\frac{-۷۲۵x}{۳۲}\,kJ$$

اتانول: $$?\,kJ=(۲۲-x)g\,C_۲H_۵OH\times\frac{۱\,mol\,C_۲H_۵OH}{۴۶g\,C_۲H_۵OH}\times\frac{-۱۳۷۰kJ}{۱\,mol\,C_۲H_۵OH}=\frac{-۶۸۵(۲۲-x)}{۲۳}\,kJ$$

با توجه به این‌که مجموع گرمای حاصل از واکنش‌ها برابر $۵۶۴kJ$ است، پس خواهیم داشت: $\frac{-۷۲۵x}{۳۲}+\frac{-۶۸۵(۲۲-x)}{۲۳}=-۵۶۴\Rightarrow x=۱۲/۸g$

بنابراین ۱۲/۸ گرم متانول و ۹/۲ گرم اتانول را سوزانده‌ایم. در ادامه جرم آب تولیدی در واکنش سوختن متانول و جرم کربن دی‌اکسید تولیدی در واکنش سوختن اتانول را به‌دست آورده و نسبت خواسته شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,H_۲O=۱۲/۸g\,CH_۳OH\times\frac{۱\,mol\,CH_۳OH}{۳۲g\,CH_۳OH}\times\frac{۲mol\,H_۲O}{۱\,mol\,CH_۳OH}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱\,mol\,H_۲O}=۱۴/۴g\,H_۲O$$

$$?\,g\,CO_۲=۹/۲g\,C_۲H_۵OH\times\frac{۱\,mol\,C_۲H_۵OH}{۴۶g\,C_۲H_۵OH}\times\frac{۲mol\,CO_۲}{۱\,mol\,C_۲H_۵OH}\times\frac{۴۴g\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=۱۷/۶g\,CO_۲$$

پس نسبت خواسته شده برابر است با: $\frac{\text{جرم آب تولید شده در واکنش سوختن متانول}}{\text{جرم کربن دی‌اکسید تولید شده در واکنش سوختن اتانول}}=\frac{۱۴/۴}{۱۷/۶}\simeq ۰/۸۲$

۶ ۲ مقدار اولیهٔ $N_۲O_۴$ را M مول در نظر می‌گیریم و داریم:

$$N_۲O_۴(g)\rightarrow ۲NO_۲(g)$$

مول اولیه	M	۰
تغییر مول	$-x$	$+۲x$
مول ثانویه	$M-x$	$۲x$

فرض اول: $$\frac{۲x}{۲x+(M-x)}\times ۱۰۰=۸۱/۲۵\Rightarrow\frac{۲x}{M+x}=\frac{۸۱/۲۵}{۱۰۰}\Rightarrow ۲۰۰x=۸۱/۲۵M+۸۱/۲۵x$$

$$\Rightarrow ۱۱۸/۷۵x=۸۱/۲۵M\Rightarrow M=\frac{۱۹}{۱۳}x\,(I)$$

فرض دوم:

$$۲x-(M-x)=۲۰\Rightarrow ۳x-M=۲۰\xrightarrow{(I)}۳x-\frac{۱۹}{۱۳}x=۲۰\Rightarrow\frac{۳۹}{۱۳}x-\frac{۱۹}{۱۳}x=۲۰\Rightarrow x=۱۳mol,\,M=۱۹mol$$

پس مقدار اولیهٔ $N_۲O_۴$ برابر است با: $$?\,g\,N_۲O_۴=۱۹mol\,N_۲O_۴\times\frac{۹۲g\,N_۲O_۴}{۱\,mol\,N_۲O_۴}=۱۷۴۸g\,N_۲O_۴$$

با توجه به جدول تغییر مول گونه‌ها، پس از ۶ دقیقه ۱۳ مول $N_۲O_۴$ مصرف شده است و با توجه به $\frac{۱}{۳}$ شدن سرعت واکنش در هر ۲ دقیقه نسبت به ۲ دقیقهٔ قبلی، اگر در ۲ دقیقهٔ اول y مول $N_۲O_۴$ مصرف شود، در ۲ دقیقهٔ دوم $\frac{y}{۳}$ مول و در ۲ دقیقهٔ سوم $\frac{y}{۹}$ مول $N_۲O_۴$ مصرف می‌شود و داریم: $۱۳=y+\frac{y}{۳}+\frac{y}{۹}\Rightarrow y=۹mol$

با استفادهٔ مجدد از جدول تغییرات مقدار مول برای پایان دقیقه دوم داریم:

$$N_۲O_۴(g)\rightarrow ۲NO_۲(g)$$

مول اولیه	۱۹	۰
تغییر مول	$-y$	$+۲y$
مول ثانویه	$۱۹-y$	$۲y$

مجموع مول‌های داخل ظرف واکنش در پایان دقیقهٔ دوم $=۱۹-y+۲y=۱۹+y=۲۸mol$

۷ ۱ معادله‌های موازنه شدهٔ واکنش‌های سوختن متان و اتان:

$$CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(l)\ ,\ \Delta H=-888kJ.mol^{-1}$$

$$C_2H_6(g)+\frac{7}{2}O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(l)\ ,\ \Delta H=-1560kJ.mol^{-1}$$

در واکنش سوختن متان تغییر مول مشاهده نمی‌شود، اما در واکنش سوختن اتان به ازای هر مول اتان، مجموع مول‌های واکنش به اندازه ۰/۵ مول افزایش می‌یابد. با توجه به افزایش ۳ مول مواد درون ظرف داریم:

$$?\,g\,C_2H_6=3mol\ \text{تغییر مول}\times\frac{1\,mol\,C_2H_6}{0/5mol\ \text{تغییر مول}}\times\frac{30g\,C_2H_6}{1\,mol\,C_2H_6}=180g\,C_2H_6$$

پس جرم متان در مخلوط اولیه برابر ۲۴g (۱۸۰−۲۰۴) است. گرمای سوختن هر کدام از گازهای متان و اتان را محاسبه می‌کنیم:

متان: $?kJ=24g\,CH_4\times\frac{1\,mol\,CH_4}{16g\,CH_4}\times\frac{-888kJ}{1\,mol\,CH_4}=-1332kJ$

اتان: $?kJ=180g\,C_2H_6\times\frac{1\,mol\,C_2H_6}{30g\,C_2H_6}\times\frac{-1560kJ}{1\,mol\,C_2H_6}=-9360kJ$

پس آهنگ تولید گرما در این فرایند برابر است با:

$$\bar{R}(\text{گرما})=\frac{(1332+9360)kJ}{(2\times60)s}\simeq89/1\,kJ.s^{-1}$$

۸ ۳ اگر در ۲۰ ثانیهٔ اول x گرم گاز هیدروژن تولید شود، داریم:

$$32/48g=x+0/4x+0/16x+0/064x=1/624x\Rightarrow x=20g$$

تغییرات مول این گاز در ۲۰ ثانیهٔ چهارم برابر است با:

$$\Delta n(H_2)=0/064\times20g\times\frac{1\,mol\,H_2}{2g\,H_2}=0/64mol\,H_2$$

سرعت واکنش در ۲۰ ثانیهٔ چهارم را به کمک سرعت متوسط تولید هیدروژن محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\frac{1}{2}\bar{R}(H_2)=\frac{1}{2}\times\frac{\Delta n(H_2)}{\Delta t}=\frac{1}{2}\times\frac{0/64mol}{20s}=1/6\times10^{-2}\,mol.s^{-1}$$

۹ ۴ با توجه به تغییرات مول X و Y در بازهٔ زمانی یکسان، می‌توان فهمید که X مادهٔ B و Y مادهٔ C است:

$$\text{در بازهٔ زمانی ۰ تا ۶۰ ثانیه}\begin{cases}\Delta n(X)=1/4-8=-6/6mol\ (\text{واکنش‌دهنده})\\ \Delta n(Y)=4/4-0=4/4mol\ (\text{فراورده})\end{cases}\Rightarrow\frac{|\Delta n(X)|}{|\Delta n(Y)|}=\frac{6/6}{4/4}=\frac{3}{2}$$

برای تعیین مقدار مول B و C در ثانیهٔ چهلم، از جدول تغییر مقدار مول مواد استفاده می‌کنیم:

طبق اطلاعات مسئله داریم: $a+2a=(8-3a)+2/8\Rightarrow a=1/8$

بنابراین: $w=2a=3/6\ ,\ y=8-3a=8-3\times1/8=2/6$

		$A(s)$	$+3B(g)\rightarrow$	$2C(g)$	$+D(g)$
مول اولیه		8	0	0	
تغییر مول		$-3a$	$+2a$	$+a$	
مول ثانویه		$8-3a$	$2a$	a	

در بازهٔ زمانی ۲۰ تا ۴۰ ثانیه داریم:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\frac{1}{3}\bar{R}(B)=\frac{1}{3}\times\frac{-\Delta n(B)}{\Delta t}=\frac{1}{3}\times\frac{-(2/6-x)mol}{(\frac{20}{60})min}=2/1\,mol.min^{-1}\Rightarrow x=4/7mol$$

در همین بازهٔ زمانی با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش داریم:

$$\frac{\bar{R}(B)}{3}=\frac{\bar{R}(C)}{2}\Rightarrow-\frac{\Delta n(B)}{3\Delta t}=\frac{\Delta n(C)}{2\Delta t}\Rightarrow-2\Delta n(B)=3\Delta n(C)\Rightarrow-2(2/6-4/7)=3(3/6-z)\Rightarrow z=2/2mol$$

حاصل عبارت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{x+z}{w-y}=\frac{4/7+2/2}{3/6-2/6}=6/9$$

۱۰ ۳ مول اولیهٔ کلسیم کربنات را a در نظر می‌گیریم و از جدول تغییرات مول استفاده می‌کنیم:

		$CaCO_3(s)\rightarrow$	$CaO(s)$	$+CO_2(g)$
مول اولیه	a	0	0	
تغییر مول	$-x$	$+x$	$+x$	
مول ثانویه	$a-x$	x	x	

ابتدا جرم گاز تولید شده در ۳۰ ثانیهٔ اول از شروع واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(CO_2)=\frac{\Delta m(CO_2)}{\Delta t}\Rightarrow22\times10^{-2}\,g.s^{-1}=\frac{\Delta m(CO_2)}{30s}\Rightarrow\Delta m=6/6g\,CO_2$$

سپس x (مقدار مول گاز تولید شده) را محاسبه می‌کنیم:

$$x=6/6g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44g\,CO_2}=0/15mol\,CO_2$$

طبق اطلاعات مسئله خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم CaO تولید شده}}{\text{جرم }CaCO_3\text{ باقی مانده}}\times100=60\Rightarrow\frac{56x}{100(a-x)}\times100=60\Rightarrow56x=60a-60x\Rightarrow116x=60a\Rightarrow a=\frac{29}{15}x\xrightarrow{x=0/15}a=\frac{29}{15}\times0/15=0/29$$

اکنون می‌توانیم جرم کلسیم کربنات اولیه را به‌دست آوریم:

$$?\,g\,CaCO_3=0/29mol\,CaCO_3\times\frac{100g\,CaCO_3}{1\,mol\,CaCO_3}=29g\,CaCO_3$$

پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع فصل ششم

فصل ششم: آزمون کنکور

۱ ۴ فرمول مولکولی عمومی آلکن‌ها و سیکلوآلکان‌ها به‌صورت C_nH_{2n} است، پس نسبت اتم‌های کربن به اتم‌های هیدروژن برابر است با:

$$\text{نسبت جرم اتم‌های C به H} = \frac{n\times \text{C جرم مولی}}{2n\times \text{H جرم مولی}} = \frac{n(12)}{2n(1)} = 6$$

در نتیجه نسبت جرم اتم‌های C به H در این ترکیب‌ها عددی ثابت بوده و به شمار اتم‌های کربن وابسته نیست. در بررسی سایر گزینه‌ها باید توجه کنید که آمین‌ها و آمیدها وابسته به اینکه چند عاملی باشند و یا گروه‌های هیدروکربنی متصل به گروه عاملی در آن‌ها سیرشده و یا سیرنشده باشد، فرمول مولکولی متفاوتی دارند.

۲ ۳ با توجه به ساختار پلی‌سیانواتن، که به‌صورت: $\left(CH_2-\underset{\underset{C\equiv H}{|}}{CH}\right)_n$ است، هر واحد تکرارشوندهٔ آن دارای یک پیوند سه‌گانه است؛ اگر n برابر ۱۸۰۰۰ باشد، پس هر زنجیر آن دارای ۱۸۰۰۰ پیوند سه‌گانه بوده و در نتیجه شمار پیوندهای دوگانه در هر زنجیر پلی‌استیرن برابر ۹۰۰۰ است؛ با توجه به ساختار زیر که مربوط به پلی‌استیرن است، هر واحد تکرارشونده در آن دارای ۳ پیوند دوگانه بوده و بنابراین:

$$\left(CH_2-\underset{\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{|}}{CH}\right)_{n'} \Rightarrow 3n' = 9000 \Rightarrow n' = 3000$$

پس میانگین جرم مولی پلی‌استیرن برابر است با:

$$\text{جرم مولی پلی‌استیرن} = n'\times \text{جرم مولی استیرن} = 3000\times 104\,g.mol^{-1} = 3/12\times 10^5\,g.mol^{-1}$$

۳ ۴ قسمت اول: در اثر آبکافت هر مول استر تک‌عاملی در شرایط مناسب، یک مول اسید تک‌عاملی و یک مول الکل تک‌عاملی ایجاد می‌شود. به‌طوری‌که مجموع شمار اتم‌های کربن اسید و الکل تولیدی با شمار اتم‌های کربن استر برابر است. از آن‌جا که الکل تولیدی بوتانول (C_4H_9OH) است و ۴ اتم کربن دارد، پس اسید آلی دارای ۶ اتم کربن بوده و فرمول آن به‌صورت $C_5H_{11}COOH$ می‌باشد. معادلهٔ واکنش انجام شده به‌صورت زیر است:

$$C_9H_{20}CO_2 + H_2O \rightarrow C_4H_9OH + C_5H_{11}COOH$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_9H_{20}CO_2 = 29g\,C_5H_{11}COOH \times \frac{1\,mol\,C_5H_{11}COOH}{116g\,C_5H_{11}COOH} \times \frac{1\,mol\,C_9H_{20}CO_2}{1\,mol\,C_5H_{11}COOH} \times \frac{172g\,C_9H_{20}CO_2}{1\,mol\,C_9H_{20}CO_2} = 43g\,C_9H_{20}CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{29}{1\times 116} = \frac{x\,g\ \text{استر}}{1\times 172} \Rightarrow x = 43g\ \text{استر}$$

۴ ۱ واکنش مورد نظر مربوط به آبکافت استرهاست. در این واکنش‌ها، الکل و کربوکسیلیک اسید تولید می‌شود.

$$C_nH_{2n}O_2 + H_2O \xrightarrow{H^+} A + CH_3OH$$

برای حل سؤال، از جرم مادهٔ اولیه و متانول استفاده کرده و جرم مولی مادهٔ اولیه را به‌دست می‌آوریم: (جرم مولی مادهٔ اولیه را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم.)

روش اول (کسر تبدیل):

$$5/1\,g\,C_nH_{2n}O_2 \times \frac{1\,mol\,C_nH_{2n}O_2}{M\,g\,C_nH_{2n}O_2} \times \frac{1\,mol\,CH_3OH}{1\,mol\,C_nH_{2n}O_2} \times \frac{32g\,CH_3OH}{1\,mol\,CH_3OH} \times \underbrace{\frac{50}{100}}_{\text{بازده واکنش}} = 0/8g\,CH_3OH \Rightarrow M = 102\,g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_nH_{2n}O_2\times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } CH_3OH}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{5/1\times\frac{50}{100}}{1\times M} = \frac{0/8}{32\times 1} \Rightarrow M = 102\,g.mol^{-1}$$

اکنون از جرم مولی مادهٔ اولیه، شمار اتم‌های کربن و سپس فرمول مولکولی آن را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم مولی مادهٔ اولیه}\,(M) = n(12)+2n(1)+2(16) = 102 \Rightarrow 14n+32 = 102 \Rightarrow n = 5$$

بنابراین فرمول مولکولی مادهٔ اولیه $C_5H_{10}O_2$ است و به این ترتیب می‌توانیم گزینهٔ درست را انتخاب نماییم. در صورتی‌که می‌خواهید جرم مولی مادهٔ A را محاسبه کنید، کافی است از قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، به‌صورت زیر، استفاده کنید:

$$\text{جرم مولی مادهٔ A} + 32 + 18 = 102 \Rightarrow \text{جرم مولی مادهٔ A} = 88\,g.mol^{-1}$$

همچنین از اختلاف شمار اتم‌های کربن مادهٔ اولیه و متانول، می‌توان تشخیص داد که مادهٔ A، ۴ اتم کربن دارد. فرمول کربوکسیلیک اسید چهارکربنه به‌صورت $C_4H_8O_2$ بوده و جرم مولی آن برابر $88\,g.mol^{-1}$ $(4(12)+8(1)+2(16))$ است.

۵ ۱ جرم مولی فراوردهٔ آلی تولید شده یعنی آمید برابر است با: $CH_3(CH_2)_n NHCOCH_3$ جرم مولی $=(73+14n)g.mol^{-1}$

روش اول (کسر تبدیل): به‌ازای مصرف یک مول آمین، یک مول فراوردهٔ آلی (آمید) و یک مول آب تولید می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$?\,g\ \text{آمید} = 0/2\,mol\ \text{آمین} \times \frac{1\,mol\ \text{آمید}}{1\,mol\ \text{آمین}} \times \frac{(73+14n)g\ \text{آمید}}{1\,mol} \times \underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده}} = 0/12(73+14n)g\ \text{آمید}$$

$$?\,g\ H_2O = 0/2\,mol\ \text{آمین} \times \frac{1\,mol\ H_2O}{1\,mol\ \text{آمین}} \times \frac{18g\ H_2O}{1\,mol\ H_2O} \times \underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده}} = 2/16g\ H_2O$$

با توجه به متن سؤال، تفاوت جرم این دو فراورده برابر $6/6g$ است؛ پس n برابر است با: $0/12(73+14n)-2/16=6/6 \Rightarrow 73+14n=73 \Rightarrow n=$ صفر

روش دوم (تناسب): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش داریم:

$$\frac{\text{جرم آمید تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{\frac{60}{100}\times 0/2}{1} = \frac{x\,g\ \text{آمید}}{1\times(73+14n)} = \frac{y\,g\ H_2O}{1\times 18} \Rightarrow x = 0/12(73+14n)g\ \text{آمید},\quad y = 2/16g\ H_2O$$

با توجه به تفاوت جرم این دو فراورده که برابر $6/6g$ است، مقدار n را محاسبه می‌کنیم: $0/12(73+14n)-2/16=6/6 \Rightarrow 73+14n=73 \Rightarrow n=$ صفر

۶ ۴ ویتامین C یک ترکیب محلول در آب و ویتامین K یک ترکیب نامحلول در آب است؛ بنابراین وقتی مخلوطی از ویتامین C و ویتامین K را در آب ریخته و به شدت هم‌می‌زنیم، ویتامین C برخلاف ویتامین K به‌طور کامل در آب حل می‌شود؛ بنابراین جامد جمع‌شده روی کاغذ صافی مربوط به ویتامین K است.

جرم ویتامین C $=1/05-0/45=0/6g$ جرم ویتامین K $=0/45g$

با توجه به فرمول مولکولی ویتامین K که به‌صورت $C_{31}H_{46}O_2$ است، در هر مولکول ویتامین K، ۳۱ اتم کربن وجود دارد، پس در اثر سوختن کامل یک مول از آن، ۳۱ مول CO_2 تولید می‌شود:

$$?\,g\ CO_2 = 0/45g\ \text{ویتامین K} \times \frac{1\,mol\ \text{ویتامین K}}{450g\ \text{ویتامین K}} \times \frac{31\,mol\ CO_2}{1\,mol\ \text{ویتامین K}} = 0/031\,mol\ CO_2$$

۷ ۴ قسمت اول: در فصل ۳ شیمی یازدهم خواندید که از واکنش دی‌اسیدها و دی‌آمین‌ها در شرایط مناسب، پلی‌آمید و آب تولید می‌شود. در مرحلهٔ اول این واکنش ابتدا دی‌اسید یک OH و دی‌آمین یک H از دست می‌دهند و اتم کربن گروه عاملی اسید با پیوند یگانه به اتم نیتروژن آمین متصل شده و طی این واکنش یک مولکول آب نیز تولید می‌شود:

$$HOOC(CH_2)_4COOH + H_2N(CH_2)_6NH_2 \rightarrow \underbrace{HOOC(CH_2)_4\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH(CH_2)_6NH_2}_{C_{12}H_{24}O_3N_2} + H_2O$$

با توجه به فرمول فراوردهٔ آلی (آمید تولیدی)، در هر مولکول آن، ۴۱ اتم وجود دارد.

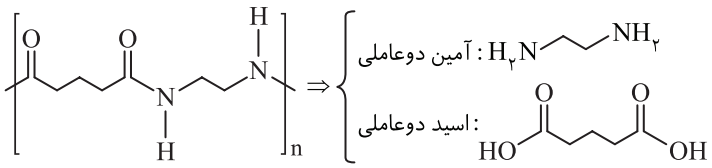
قسمت دوم: اکنون به کمک معادلهٔ واکنش بالا، جرم فراوردهٔ آلی حاصل را به‌دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\ \text{فراوردهٔ آلی} = 29/2g\ \text{اسید} \times \frac{1\,mol\ \text{اسید}}{146g\ \text{اسید}} \times \frac{1\,mol\ \text{فراوردهٔ آلی}}{1\,mol\ \text{اسید}} \times \frac{244g}{1\,mol\ \text{فراوردهٔ آلی}} = 48/8\,g\ \text{فراوردهٔ آلی}$$

روش دوم (کسر تناسب):

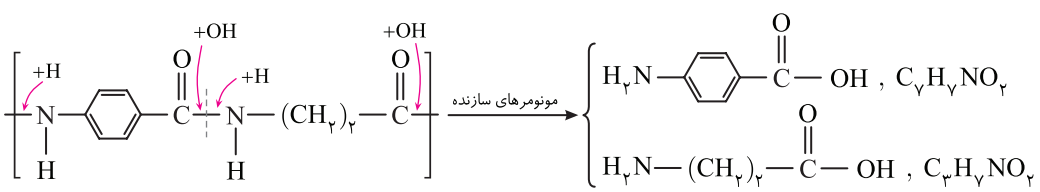
$$\frac{\text{جرم اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم فراوردهٔ آلی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{29/2}{1\times 146} = \frac{x\,g\ \text{فراوردهٔ آلی}}{1\times 244} \Rightarrow x = 48/8g\ \text{جرم فراوردهٔ آلی}$$

۸ ۴ مونومرهای سازندهٔ پلیمر A به‌صورت زیر است:



فرمول دی‌آمین سازنده به‌صورت $C_2H_8N_2$ بوده و جرم مولی آن برابر $60\,g.mol^{-1}$ است. با توجه به ساختار B، مونومر سازندهٔ این پلیمر، استیرن با فرمول C_8H_8 می‌باشد که جرم مولی آن ۱۰۴ گرم بر مول است. نسبت جرم مولی مونومر آمین دوعاملی سازندهٔ پلیمر A به جرم مولی مونومر سازندهٔ پلیمر B، به‌تقریب $0/58$ $(\frac{60}{104})$ است.

۹ ۲ پلیمر داده شده نوعی پلی‌آمید است؛ برای به دست آوردن مونومرهای سازندهٔ آن، مطابق شکل زیر پیوند آمیدی را شکسته و به طرفین گروه OH و اتم H اضافه می‌کنیم:



تفاوت جرم مولی مونومرهای سازندهٔ این دو پلیمر، برابر است با:

$$\begin{cases} C_7H_7NO_2 \text{ جرم مولی} = (7\times12)+(7\times1)+(1\times14)+(2\times16) = 137\,g.mol^{-1} \\ C_3H_7NO_2 \text{ جرم مولی} = (3\times12)+(7\times1)+(1\times14)+(2\times16) = 89\,g.mol^{-1} \end{cases} \Rightarrow \text{اختلاف جرم مولی} = 48\,g.mol^{-1}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): فرمول مولکولی واحد تکرارشوندهٔ پلیمر به‌صورت $C_{10}H_{10}N_2O_2$ است؛ در نتیجه اگر شمار واحدهای تکرارشونده (n) برابر با ۱۰۰۰ باشد، جرم مولی پلیمر برابر است با: $1/9\times10^5\,g.mol^{-1} = [(10\times12)+(10\times1)+(2\times14)+(2\times16)]\times1000 = \text{جرم مولی واحد تکرارشونده}\times n = \text{جرم مولی پلیمر}$

گزینهٔ (۳): در ساختار هر یک از مونومرهای سازنده، گروه عاملی آمینی و گروه عاملی اسیدی وجود دارد و در نتیجه این مونومرها از طریق گروه عاملی آمین خود می‌توانند با کربوکسیلیک اسید و از طریق گروه اسیدی خود می‌توانند با آمین مناسب، وارد واکنش شوند. گزینهٔ (۴): با توجه به فرمول مولکولی مونومرها ($C_7H_7NO_2$ و $C_3H_7NO_2$)، شمار اتم‌های هیدروژن در هر دو مونومر با یکدیگر برابر است و از طرفی هر مونومر در فرمول خود دارای دو اتم اکسیژن و یک اتم نیتروژن است. هر اتم O دارای دو جفت‌الکترون ناپیوندی و هر اتم N دارای یک جفت‌الکترون ناپیوندی بوده و بنابراین هر مونومر در ساختار خود دارای ۵ جفت‌الکترون ناپیوندی است.

فصل ششم: آزمون جامع ۱

۱ ۲ پلیمر تولید شده از نوع افزایشی است، پس مجموع جرم مونومرهای سازنده با جرم پلیمر یکسان است.

فرمول مولکولی متیل متاکریلات $C_5H_8O_2$ است و جرم مولی آن برابر ۱۰۰ گرم بر مول می‌باشد.

$$n\,CH_2=C(CH_3)(COOCH_3) \rightarrow +CH_2-C(CH_3)(COOCH_3)+_n$$

برای حل تست، ابتدا تعداد واحدهای تکرار شونده (n) را در هر مولکول پلیمر به‌دست می‌آوریم:

$$0/05\,mol\,\text{مونومر}\times\frac{6/02\times10^{23}\,molecule\,\text{مونومر}}{1\,mol\,\text{مونومر}}\times\frac{1\,molecule\,\text{پلیمر}}{n\,molecule\,\text{مونومر}} = 15/05\times10^{18}\,molecule\,\text{پلیمر} \Rightarrow n = 2000$$

پس جرم مولی این پلیمر برابر است با: $\text{جرم مولی پلیمر} = 100n = 100\times2000 = 200000\,g.mol^{-1} = 200\,kg.mol^{-1}$

۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید پلی‌اتن با ۱۵۰ واحد تکرار شونده: $(n=150)$

$$150\,C_2H_4 \rightarrow +C_2H_4+_{150}$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,\text{پلیمر} = 4000\,L\,C_2H_4\times\frac{1/19\,g\,C_2H_4}{1\,L\,C_2H_4}\times\frac{1\,mol\,C_2H_4}{28\,g\,C_2H_4}\times\frac{1\,mol\,+C_2H_4+_{150}}{150\,mol\,C_2H_4}\times\underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{بازده درصدی}} = 0/85\,mol\;\;+C_2H_4+_{150}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}{\text{چگالی}\times\text{لیتر اتن}\times\frac{R}{100}} = \frac{\text{ضریب}}{\text{مول پلیمر}} \Rightarrow \frac{150\times28}{4000\times1/19\times\frac{75}{100}} = \frac{1}{x\,mol\,\text{پلیمر}} \Rightarrow x = 0/85\,mol\,\text{پلیمر}$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن پلی‌اتن:

$$+C_2H_4+_{150} + 450\,O_2 \rightarrow 300\,CO_2 + 300\,H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,CO_2 = 0/85\,mol\;+C_2H_4+_{150}\times\frac{300\,mol\,CO_2}{1\,mol\;+C_2H_4+_{150}}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} = 5712\,L\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول پلیمر}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } (STP)\,CO_2}{\text{ضریب}\times22/4} \Rightarrow \frac{0/85}{1} = \frac{x\,L\,CO_2}{300\times22/4} \Rightarrow x = 5712\,L\,CO_2$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{4000\times1/19\times75}{100\times28\times150} = ? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{\overset{40}{\cancel{4000}}\times1/19\times\overset{17}{\cancel{75}}}{\underset{2}{\cancel{100}}\times\underset{4}{\cancel{28}}\times\cancel{150}} \Rightarrow \frac{4\times119}{28\times2}\times10\times10^{-2} \Rightarrow \frac{4\times17}{4\times2}\times10^{-1} = 0/85$$

۳ ۴ الکل سازندهٔ اتیل بوتانوات، اتانول می‌باشد.

اتیل بوتانوات $\begin{cases} \text{الکل: اتانول} \rightarrow C_2H_5OH \\ \text{اسید آلی: بوتانوئیک اسید} \rightarrow C_4H_8O_2 \end{cases}$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش استری شدن به صورت مقابل است:

$$C_2H_5OH + C_nH_{2n}O_2 \rightarrow C_{n+2}H_{2n+4}O_2 + H_2O$$

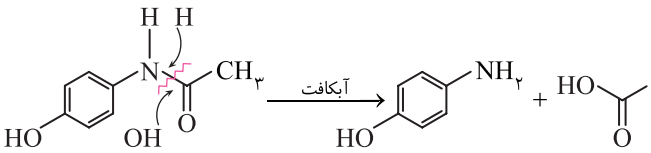
برای حل تست، ابتدا به کمک جرم اتانول مصرفی و جرم استر تولید شده، n را به‌دست می‌آوریم: $\text{جرم مولی پلی‌استر} = 12(n+2)+(2n+4)+32 = (14n+60)\,g.mol^{-1}$

$$2/3\,g\,C_2H_5OH\times\frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{46\,g\,C_2H_5OH}\times\frac{1\,mol\,\text{استر}}{1\,mol\,C_2H_5OH}\times\frac{14n+60\,g\,\text{استر}}{1\,mol\,\text{استر}} = 5/1\,g\,\text{استر} \Rightarrow n = 3$$

پس فرمول مولکولی اسید به صورت $C_3H_6O_2$ است، نسبت درصد جرمی اکسیژن به هیدروژن در $C_3H_6O_2$ برابر است با:

$$\frac{\text{درصد جرمی اکسیژن}}{\text{درصد جرمی هیدروژن}} = \frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم اتم‌های هیدروژن}} = \frac{2\times16}{6\times1} \simeq 5/33$$

۴ ۱ **قسمت اول:** واکنش آبکافت ترکیب مورد نظر:



$$C_8H_9ON_2 + H_2O \rightarrow C_6H_7ON + C_2H_4O_2$$

جرم مولی اسید و آمین حاصل به ترتیب برابر ۶۰ و ۱۰۹ گرم بر مول است، پس اختلاف جرم مولی این دو ترکیب برابر $49g.mol^{-1}$ $(109-60)$ می‌باشد.

قسمت دوم: درصد جرمی کربن در استامینوفن برابر است با:

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{8\times12}{8\times12+9\times1+1\times16+2\times14}\times100 = \%64/4$$

درصد جرمی کربن در پلی‌استیرن $(C_8H_8)_n$ برابر است با:

$$\text{درصد جرمی کربن} = \frac{(8\times12)\times n}{(8\times12+8\times1)\times n}\times100 = \%92/3$$

پس اختلاف درصد جرمی کربن در این دو ترکیب برابر $\%27/9$ $(92/3-64/4)$ است.

۴ ۵ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید پلی‌استر:

$$nC_9H_8O_4 + nC_3H_8O_2 \rightarrow \text{-}(C_{12}H_{12}O_4)_n\text{-} + 2nH_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

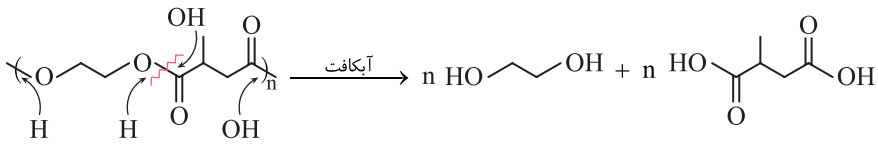
$$\text{پلی‌استر } 220g = \frac{80}{100}\times\frac{220n\ g\ \text{پلی‌استر}}{1\ mol\ \text{پلی‌استر}}\times\frac{1\ mol\ \text{دی‌اسید}}{n\ mol\ \text{دی‌اسید}}\times\frac{1\ mol\ \text{پلی‌استر}}{180g\ \text{دی‌اسید}}\times\frac{75g\ \text{دی‌اسید خالص}}{100g\ \text{دی‌اسید ناخالص}}\times\text{دی‌اسید ناخالص } 300g = \text{پلی‌استر } ?g$$

بازده درصدی

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم اسید ناخالص}\times\frac{P}{100}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم پلی‌استر}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{300\times\frac{75}{100}\times\frac{80}{100}}{n\times180} = \frac{x\ g\ \text{پلی‌استر}}{1\times220n} \Rightarrow x = 220g\ \text{پلی‌استر}$$

۶ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش آبکافت پلی‌استر داده شده:



$$\text{-}(C_7H_{10}O_4)_n\text{-} + 2nH_2O \rightarrow nC_2H_6O_2 + nC_5H_8O_4$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{پلیمر ناخالص } 150g = \frac{100}{79}\times\frac{158n\ g\ \text{پلیمر}}{1\ mol\ \text{پلیمر}}\times\frac{1\ mol\ \text{پلیمر}}{n\ mol\ \text{الکل}}\times\frac{1\ mol\ \text{الکل}}{62g\ \text{الکل}}\times\frac{1/2g\ \text{الکل}}{1\ mL\ \text{الکل}}\times\text{الکل } 38/75mL = \text{پلیمر ناخالص } ?g$$

بازده درصدی

روش دوم (تناسب):

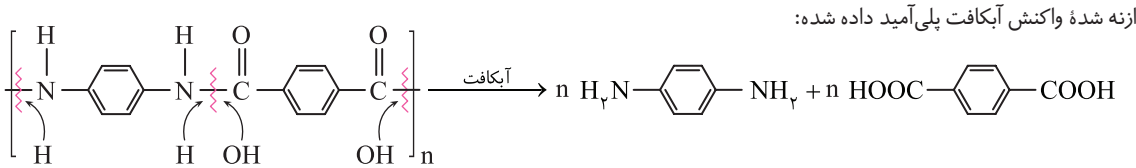
$$\frac{\text{گرم پلی‌استر}\times\frac{R}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{چگالی}\times\text{میلی لیتر الکل}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x\times\frac{79}{100}}{158n\times1} = \frac{38/75\times1/2}{n\times62} \Rightarrow x = 150g$$

میانبر مهاسازی

$$\frac{38/75\times1/2\times158n\times100}{62\times n\times79} = ? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{38/75\times1/2\times158n\times100}{62\times n\times79} \xrightarrow[\text{ساده‌سازی}]{\text{دسته‌بندی و}} \frac{38/75\times12\times2}{62}\times10^{-2}\times10^{-1}\times10^{2}$$

$$\Rightarrow 62/5\times12\times2\times10^{-1} = 150$$

۷ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش آبکافت پلی‌آمید داده شده:



$$\text{-}(C_{14}H_{10}O_2N_2)_n\text{-} + 2nH_2O \rightarrow nC_6H_8N_2 + nC_8H_6O_4$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{دی‌آمین ناخالص } 100g = \frac{100g\ \text{دی‌آمین ناخالص}}{81\ g\ \text{دی‌آمین خالص}}\times\frac{108g\ \text{دی‌آمین}}{1\ mol\ \text{دی‌آمین}}\times\frac{n\ mol\ \text{دی‌آمین}}{n\ mol\ \text{دی‌اسید}}\times\frac{1\ mol\ \text{دی‌اسید}}{166g\ \text{دی‌اسید}}\times\text{دی‌اسید } 124/5g = \text{دی‌آمین ناخالص } ?g$$

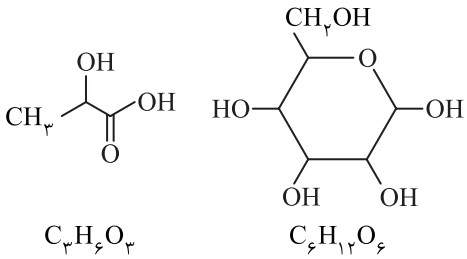
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم دی‌اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم دی‌آمین ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{124/5}{n\times166} = \frac{x\times\frac{81}{100}}{n\times108} \Rightarrow x = 100g$$

میانبر مهاسازی

$$\frac{124/5\times n\times108\times100}{166\times n\times81} = ? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{124/5\times n\times108\times100}{166\times n\times81} \Rightarrow \frac{3\times12}{4\times9}\times100 = 100$$

۸ ۳ عبارت‌های (الف)، (پ) و (ت) درست هستند. ساختار و فرمول شیمیایی مونومر سازندهٔ پلی‌لاکتیک اسید و نشاسته به صورت زیر است:



$C_3H_6O_3$ $C_6H_{12}O_6$

بررسی عبارت‌ها: عبارت (ب): فرمول نشاسته $(C_6H_{10}O_5)_n$ و فرمول پلی‌لاکتیک اسید $(C_3H_4O_2)_n$ است.

$$\text{درصد جرمی اکسیژن در نشاسته}=\frac{5\times16}{(6\times12)+(10\times1)+(5\times16)}\times100\simeq\%49/4$$

$$\text{درصد جرمی اکسیژن در پلی‌لاکتیک اسید}=\frac{2\times16}{(3\times12)+(4\times1)+(2\times16)}\times100\simeq\%44/4$$

عبارت (پ): تعداد اتم‌های کربن و جرم مونومر پلی‌لاکتیک اسید نصف مونومر نشاسته است، پس درصد جرمی کربن در هر دو مونومر یکسان است.

عبارت (ت): در گلوکز ۱۲ جفت الکترون ناپیوندی (برای ۶ اتم اکسیژن) و در لاکتیک اسید ۶ جفت الکترون ناپیوندی (برای ۳ اتم اکسیژن) وجود دارد.

۹ ۴ معادلهٔ واکنش تولید پلی‌ساکارید:

$$n\,C_6H_{12}O_6 \rightarrow \text{پلی‌ساکارید} + x\,H_2O$$

برای کامل کردن معادله، ابتدا باید ضرایب گلوکز و آب را محاسبه کنیم:

$$0/03\,mol\ \text{پلی‌ساکارید}\times\frac{n\,mol\ \text{گلوکز}}{1\,mol\ \text{پلی‌ساکارید}}\times\frac{180\,g\ \text{گلوکز}}{1\,mol\ \text{گلوکز}}=108\,g\ \text{گلوکز}\Rightarrow n=200$$

$$0/03\,mol\ \text{پلی‌ساکارید}\times\frac{x\,mol\ H_2O}{1\,mol\ \text{پلی‌ساکارید}}\times\frac{18\,g\ H_2O}{1\,mol\ H_2O}=81\,g\ H_2O\Rightarrow x=150$$

$$\text{جرم مولی پلی‌ساکارید}=(n\times\text{جرم مولی مونومرهای مصرفی})-(x\times\text{جرم مولی آب})=(200\times180)-(150\times18)=33300\,g.mol^{-1}=33/3\,kg.mol^{-1}$$

۱۰ ۲ در اثر آبکافت هر دو استر اتانول تولید می‌شود. مقدار مول اتانول تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,C_2H_5OH=27/6\,g\,C_2H_5OH\times\frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{46\,g\,C_2H_5OH}=0/6\,mol\,C_2H_5OH$$

جرم اتیل اتانوات را x گرم و جرم اتیل بوتانوات را $(64-x)$ گرم در نظر می‌گیریم:

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش آبکافت اتیل اتانوات به صورت مقابل است:

$$C_4H_8O_2+H_2O\rightarrow C_2H_5OH+C_2H_4O_2$$

$$?\,mol\,C_2H_5OH=x\,g\,C_4H_8O_2\times\frac{1\,mol\,C_4H_8O_2}{88\,g\,C_4H_8O_2}\times\frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_4H_8O_2}=\frac{x}{88}\,mol\,C_2H_5OH$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش آبکافت اتیل بوتانوات به صورت روبه‌رو است:

$$C_6H_{12}O_2+H_2O\rightarrow C_2H_5OH+C_4H_8O_2$$

$$?\,mol\,C_2H_5OH=(64-x)\,g\,C_6H_{12}O_2\times\frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_2}{116\,g\,C_6H_{12}O_2}\times\frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{1\,mol\,C_6H_{12}O_2}=\frac{64-x}{116}\,mol\,C_2H_5OH$$

طبق اطلاعات مسئله داریم:

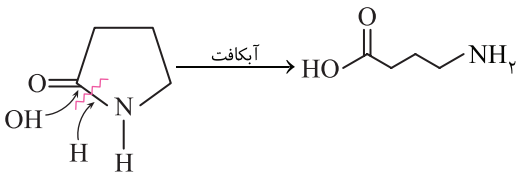
$$\frac{x}{88}+\frac{64-x}{116}=0/6\Rightarrow x=17/6\,g$$

پس جرم اولیه اتیل بوتانوات برابر است با:

$$\text{جرم اولیهٔ اتیل بوتانوات}=64-17/6=46/4\,g$$

فصل ششم: آزمون جامع ۲

۱ ۲ ابتدا معادلهٔ واکنش آبکافت آمید داده شده را می‌نویسیم:



$$C_4H_7ON+H_2O\rightarrow C_4H_9O_2N$$

سپس جرم فراوردهٔ حاصل از این واکنش را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

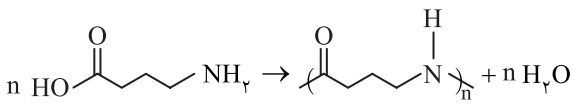
$$?\,g\ \text{فراورده}=200\,g\ \text{آمید ناخالص}\times\frac{68\,g\ \text{آمید خالص}}{100\,g\ \text{آمید ناخالص}}\times\frac{1\,mol\ \text{آمید}}{85\,g\ \text{آمید}}\times\frac{1\,mol\ \text{فراورده}}{1\,mol\ \text{آمید}}\times\frac{103\,g\ \text{فراورده}}{1\,mol\ \text{فراورده}}=164/8\,g\ \text{فراورده}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم آمید ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم فرآورده}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{200\times\frac{68}{100}}{1\times85}=\frac{x}{1\times103}\Rightarrow x=164/8\,g\ \text{فراورده}$$

معادلهٔ واکنش پلیمری شدن فراوردهٔ تولیدی:

$$n\,C_4H_9O_2N\rightarrow\left(C_4H_7ON\right)_n+nH_2O$$



روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{پلی آمید } g\,? = ۱۶۴/۸\,g\ \text{مونومر} \times \frac{۱\,mol\ \text{مونومر}}{۱۰۳\,g\ \text{مونومر}} \times \frac{۱\,mol\ \text{پلی آمید}}{n\,mol\ \text{مونومر}} \times \frac{۸۵n\,g\ \text{پلی آمید}}{۱\,mol\ \text{پلی آمید}} \times \frac{۷۵}{۱۰۰} = ۱۰۲\,g\ \text{پلی آمید}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم مونومر} \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم پلی آمید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۱۶۴/۸ \times \frac{۷۵}{۱۰۰}}{n \times ۱۰۳} = \frac{y}{۱ \times ۸۵n} \Rightarrow y = ۱۰۲\,g\ \text{پلی آمید}$$

۲ ۳ پلیمر مورد استفاده در ساخت سرنگ‌های پلاستیکی، پلی‌پروپن است. این پلیمر از مونومرهای پروپن در شرایط مناسب ساخته می‌شود.

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید پلی‌پروپن به صورت مقابل است: $n(C_۳H_۶) \rightarrow -(C_۳H_۶)_n-$

ابتدا حجم گاز پروپن لازم را در شرایط STP محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,L\,C_۳H_۶(\text{در شرایط STP}) = ۷۰۰\,g\,-(C_۳H_۶)_n- \times \frac{۱\,mol\,-(C_۳H_۶)_n-}{۴۲n\,g\,-(C_۳H_۶)_n-} \times \frac{n\,mol\,C_۳H_۶}{۱\,mol\,-(C_۳H_۶)_n-} \times \frac{۲۲/۴\,L\,C_۳H_۶}{۱\,mol\,C_۳H_۶} \times \frac{۱۰۰}{\underbrace{۸۰}_{\text{بازده واکنش}}} = \frac{۱۴۰۰}{۳}\,L\,C_۳H_۶$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{لیتر پروپن } C_۲H_۶ \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم‌مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم پلی پروپن } (C_۳H_۶)_n}{\text{جرم‌مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \times \frac{۸۰}{۱۰۰}}{n \times ۲۲/۴} = \frac{۷۰۰}{۱ \times ۴۲n} \Rightarrow x = \frac{۱۴۰۰}{۳}\,L\,C_۳H_۶$$

اکنون به کمک قانون گازها، حجم گاز پروپن مورد نیاز در شرایط واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{P_۱V_۱}{n_۱T_۱} = \frac{P_۲V_۲}{n_۲T_۲} \xrightarrow{n\ \text{ثابت}} \frac{۱ \times \frac{۱۴۰۰}{۳}}{۲۷۳} = \frac{۲ \times V_۲}{(۳۱۲+۲۷۳)} \Rightarrow V_۲ = ۵۰۰\,L$$

۳ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش کلی تجزیهٔ (آبکافت) استر:

$$CH_۳CH_۲CH_۲\overset{\overset{O}{\|}}{C}OCH_۲CH_۳ + H_۲O \rightarrow CH_۳CH_۲CH_۲\overset{\overset{O}{\|}}{C}OH + CH_۳CH_۲OH$$

سرعت متوسط واکنش برابر سرعت متوسط تجزیهٔ استر است، پس در ۴۵ ثانیهٔ اول واکنش داریم:

$$\bar{R}(\text{استر}) = -\frac{\Delta[\text{استر}]}{\Delta t} = -\frac{(۰/۲۱-۰/۶)\,mol.L^{-۱}}{(\frac{۴۵}{۶۰})\,min} = ۰/۵۲\,mol.L^{-۱}.min^{-۱}$$

سرعت متوسط تولید اسید برابر سرعت متوسط تجزیهٔ استر است، پس در ۳۰ ثانیهٔ اول داریم:

$$\bar{R}(\text{اسید}) = \bar{R}(\text{استر}) = -\frac{\Delta[\text{استر}]}{\Delta t} = -\frac{(۰/۳۲-۰/۶)\,mol.L^{-۱}}{۳۰\,s} = \frac{۰/۲۸}{۳۰}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

سرعت متوسط تولید الکل برابر سرعت متوسط تجزیهٔ استر است، پس در ۳۰ ثانیهٔ سوم داریم:

$$\bar{R}(\text{الکل}) = \bar{R}(\text{استر}) = -\frac{\Delta[\text{استر}]}{\Delta t} = -\frac{(۰-۰/۱۲)\,mol.L^{-۱}}{۳۰\,s} = \frac{۰/۱۲}{۳۰}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

پس نسبت این دو سرعت برابر است با:

$$\frac{\bar{R}(\text{اسید})}{\bar{R}(\text{الکل})} = \frac{\frac{۰/۲۸}{۳۰}}{\frac{۰/۱۲}{۳۰}} = \frac{۰/۲۸}{۰/۱۲} = \frac{۷}{۳} \simeq ۲/۳۳$$

۴ ۴ معادلهٔ نوشتاری واکنش آبکافت آمیدهایی که در ساختار آن‌ها یک گروه آمیدی وجود دارد، به صورت زیر است. در این واکنش‌ها، ضرایب استوکیومتری همهٔ گونه‌ها برابر ۱ است:

$$\text{آمید} + \text{آب} \rightarrow \text{آمین} + \text{کربوکسیلیک اسید}$$

با توجه به این‌که ضریب استوکیومتری آب برابر ۱ است، پس سرعت متوسط مصرف آب با سرعت متوسط واکنش برابر است، پس خواهیم داشت:

$$R(\text{واکنش}) = \bar{R}(H_۲O) = ۰/۴۲\,mol.min^{-۱} \qquad ?\,g\,H_۲O = ۵۰\,s \times \frac{۱\,min}{۶۰\,s} \times \frac{۰/۴۲\,mol\,H_۲O}{۱\,min} \times \frac{۱۸\,g\,H_۲O}{۱\,mol\,H_۲O} = ۶/۳\,g\,H_۲O$$

۵ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید پلی‌استر:

$$n(\text{دی‌الکل}) + n(\text{دی‌اسید}) \rightarrow \text{پلی‌استر} + ۲n(\text{آب})$$

جرم مولی واحد تکرار شوندهٔ پلی‌استر را محاسبه می‌کنیم و سپس جرم مولی کربوکسیلیک اسید را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۱۸/۶\,g\ \text{دی‌الکل} \times \frac{۱\,mol\ \text{دی‌الکل}}{۶۲\,g\ \text{دی‌الکل}} \times \frac{۱\,mol\ \text{پلی‌استر}}{n\,mol\ \text{دی‌الکل}} \times \frac{Mn\,g\ \text{پلی‌استر}}{۱\,mol\ \text{پلی‌استر}} = ۳۹\,g\ \text{پلی‌استر} \Rightarrow M = ۱۳۰\,g.mol^{-۱}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم دی‌الکل}}{\text{جرم‌مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم پلی‌استر}}{\text{جرم‌مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۱۸/۶}{n \times ۶۲} = \frac{۳۹}{۱ \times Mn} \Rightarrow M = ۱۳۰\,g.mol^{-۱}$$

طبق قانون پایستگی جرم داریم:

$$n \times \text{جرم مولی دی‌اسید} = \text{جرم مولی پلی‌استر} + ۲n \times (\text{جرم مولی آب}) - n \times \text{جرم مولی دی‌الکل} = ۱۳۰n + ۳۶n - ۶۲n \Rightarrow \text{جرم مولی دی‌اسید} = ۱۰۴\,g.mol^{-۱}$$

جرم دی‌اسید مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ \text{دی‌اسید} = 18/6\,g\ \text{دی‌الکل} \times \frac{1\,mol\ \text{دی‌الکل}}{62\,g\ \text{دی‌الکل}} \times \frac{n\,mol\ \text{دی‌اسید}}{n\,mol\ \text{دی‌الکل}} \times \frac{104\,g\ \text{دی‌اسید}}{1\,mol\ \text{دی‌اسید}} = 31/2\,g\ \text{دی‌اسید}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم دی‌الکل}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم دی‌اسید}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{18/6}{n \times 62} = \frac{x}{n \times 104} \Rightarrow x = 31/2\,g\ \text{دی اسید}$$

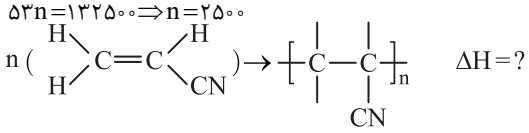
سرعت متوسط مصرف این دی‌اسید در ۲۰ ثانیه بر حسب گرم بر ثانیه برابر است با:

$$\bar{R}(\text{دی‌اسید}) = \frac{31/2\,g}{20\,s} = 1/56\,g.s^{-1}$$

۳ ۶ ابتدا تعداد واحدهای تکرار شونده این پلیمر را به‌دست می آوریم:

$$53n = 132500 \Rightarrow n = 2500$$

سپس آنتالپی واکنش تولید پلی‌سیانو اتن از سیانو اتن را محاسبه می‌کنیم:



در اثـر تولیـد پلی‌سـیانو اتـن، n پیوند دوگانهٔ $(C=C)$ شکسـته شـده و 2n پیونـد یگانهٔ $(C-C)$ تشکیل می‌شود، پس:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = n \times 614 - 2n(348) = -82n\,kJ$$

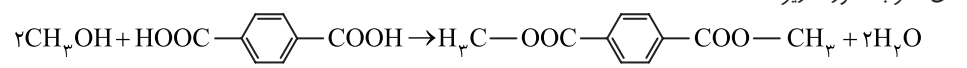
گرمای مبادله شده در اثر تولید مقدار داده شده از پلیمر را محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,kJ = 265\,g\ \text{پلیمر} \times \frac{1\,mol\ \text{پلیمر}}{13250\,g\ \text{پلیمر}} \times \frac{82 \times 2500\,kJ}{1\,mol\ \text{پلیمر}} = 410\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم پلیمر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{|Q|}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{265}{1 \times 13250} = \frac{|Q|}{82 \times 2500} \Rightarrow |Q| = 410\,kJ$$

۱ ۷ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید دی‌استر به صورت زیر است:



روش اول (کسر تبدیل):

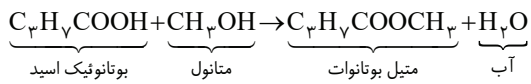
$$?\,g\ \text{دی‌استر} = 300\,g\ \text{دی‌اسید ناخالص} \times \frac{83\,g\ \text{دی‌اسید خالص}}{100\,g\ \text{دی‌اسید ناخالص}} \times \frac{1\,mol\ \text{دی‌اسید}}{166\,g\ \text{دی‌اسید}} \times \frac{1\,mol\ \text{دی‌استر}}{1\,mol\ \text{دی‌اسید}} \times \frac{194\,g\ \text{دی‌استر}}{1\,mol\ \text{دی‌استر}} = 291\,g\ \text{دی‌استر}$$

$$?\,g\,H_2O = 300\,g\ \text{دی‌اسید ناخالص} \times \frac{83\,g\ \text{دی‌اسید خالص}}{100\,g\ \text{دی‌اسید ناخالص}} \times \frac{1\,mol\ \text{دی‌اسید}}{166\,g\ \text{دی‌اسید}} \times \frac{2\,mol\,H_2O}{1\,mol\ \text{دی‌اسید}} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} = 54\,g\,H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم دی‌اسید ناخالص} \times \frac{P}{100}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم دی‌استر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{گرم آب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{300 \times \frac{83}{100}}{1 \times 166} = \frac{x\,g\ \text{دی‌استر}}{1 \times 194} = \frac{y\,g\,H_2O}{2 \times 18} \Rightarrow x = 291\,g\ \text{دی‌استر},\ y = 54\,g\,H_2O$$

۴ ۸ استر موجود در آناناس، متیل بوتانوات است که از واکنش متانول و بوتانوئیک اسید، طبق معادلهٔ زیر تولید می‌شود:



روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\ \text{نمونه} = 153\,g\ \text{استر} \times \frac{1\,mol\ \text{استر}}{102\,g\ \text{استر}} \times \frac{1\,mol\ \text{اسید}}{1\,mol\ \text{استر}} \times \frac{88\,g\ \text{اسید}}{1\,mol\ \text{اسید}} \times \frac{100\,g\ \text{نمونهٔ ناخالص}}{22\,g\ \text{اسید خالص}} \times \frac{1\,mL\ \text{نمونهٔ ناخالص}}{0/96\,g\ \text{نمونهٔ ناخالص}} = 625\,mL\ \text{نمونهٔ ناخالص}$$

روش دوم (تناسب): ابتدا غلظت مولی نمونهٔ اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$M = \frac{10 \times a \times d}{\text{جرم مولی}} = \frac{10 \times 22 \times 0/96}{88} = 2/4\,M$$

سپس حجم محلول اسیدی لازم را محاسبه می‌کنیم:

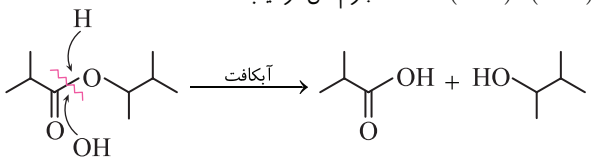
$$\frac{\text{غلظت محلول اسید} \times \text{حجم محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم استر}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \times 10^{-3} \times 2/4}{1} = \frac{153}{1 \times 102} \Rightarrow x = 625\,mL\ \text{محلول اسید}$$

۲ ۹ عبارت‌های (الف) و (ب) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): درصد جرمی کربن در وینیل کلرید (C_2H_3Cl) و تترافلوئورو اتن (C_2F_4) برابر است با:

$$\text{درصد جرمی C در } C_2H_3Cl = \frac{\text{جرم اتم‌های کربن}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{2 \times 12}{(2 \times 12) + (3 \times 1) + (1 \times 35/5)} \times 100 = \%38/4$$

$$\text{درصد جرمی C در } C_2F_4 = \frac{\text{جرم اتم‌های کربن}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times 100 = \frac{2 \times 12}{(2 \times 12) + (4 \times 19)} \times 100 = \%24$$

عبارت (ب): واکنش آبکافت استر داده شده به صورت زیر است:

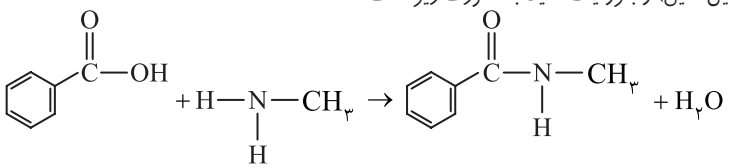


معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$C_9H_{18}O_2+H_2O\rightarrow C_4H_8O_2+C_5H_{12}O$$

جرم مولی $C_4H_8O_2$ و $C_5H_{12}O$ یکسان و برابر ۸۸ گرم بر مول است.

عبارت (پ): فرمول ساختاری آمید حاصل از واکنش ساده‌ترین آمین (متیل آمین) و بنزوئیک اسید به صورت زیر است:



معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$C_7H_6O_2+CH_5N\rightarrow C_8H_9ON+H_2O$$

درصد جرمی اکسیژن در آمید حاصل برابر است با: $\text{درصد جرمی اکسیژن در آمید حاصل}=\frac{16\times1}{(12\times8)+(1\times9)+(16\times1)+(14\times1)}\times100\simeq\%11/85$

عبارت (ت): مولکول‌هایی که در ساختار خود همزمان دارای گروه عاملی اسیدی و الکلی هستند می‌توانند پلی‌استر ایجاد کنند. برای نمونه پلی‌لاکتیک اسید از یک نوع مونومر که لاکتیک اسید نام دارد، تولید می‌شود.

۱۰ ۲ واکنش تولید آمید: آب + آمید ← آمین + کربوکسیلیک اسید

جرم مولی آمین را محاسبه می‌کنیم. فرمول اتانوئیک اسید به صورت $C_2H_4O_2$ است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$60\text{g اسید ناخالص}\times\frac{60\text{g اسید خالص}}{100\text{g اسید ناخالص}}\times\frac{1\text{mol اسید}}{60\text{g اسید}}\times\frac{1\text{mol آمین}}{1\text{mol اسید}}\times\frac{\text{Mg آمین}}{1\text{mol آمین}}=43/8\text{g آمین}\Rightarrow M=73\ g.mol^{-1}$$

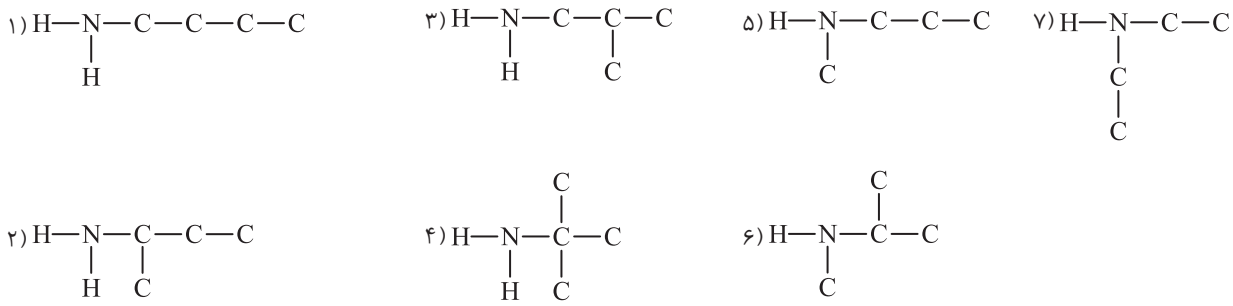
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم اسید ناخالص}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم آمین}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{60\times\frac{60}{100}}{1\times60}=\frac{43/8}{1\times M}\Rightarrow M=73\ g.mol^{-1}$$

فرمول عمومی آمین‌های تک‌عاملی به صورت $C_nH_{2n+3}N$ است، پس:

$$12n+2n+3+14=73\Rightarrow14n=56\Rightarrow n=4$$

باید ساختار آمین‌های دارای ۴ اتم کربن را رسم کنیم. دقت کنید که حتما یکی از اتم‌های متصل به نیتروژن، باید اتم هیدروژن باشد، زیرا در واکنش آمیدی شدن شرکت کرده است. با توجه به ساختارهای رسم شده، ۷ نوع آمین متفاوت می‌توان رسم کرد.



فصل ششم: آزمون جامع ۳

۱ ۴ ابتدا مقدار مول اولیهٔ گاز اتن را با توجه به این‌که حجم یک مول از گازها در شرایط STP (دمای ۲۷۳K و فشار ۱atm) برابر ۲۲/۴ لیتر است، محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_1V_1}{n_1T_1}=\frac{P_2V_2}{n_2T_2}\Rightarrow\frac{1\times22/4}{1\times273}=\frac{10\times8/96}{n_1\times(91+273)}\Rightarrow n_1=3\text{mol}$$

با توجه به این‌که با انجام واکنش، دمای گاز اتن در حجم و فشار ثابت در مقیاس درجهٔ سلسیوس دو برابر شده و به $182^\circ C$ رسیده، مقدار مول باقی مانده از گاز اتن را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{P_2V_2}{n_2T_2}=\frac{P_3V_3}{n_3T_3}\xrightarrow{V\text{ و }P\text{ ثابت}}n_2T_2=n_3T_3\Rightarrow3\times(91+273)=n_2\times(182+273)\Rightarrow n_2=2/4\text{mol}$$

پس مقدار $0/6\text{mol}(3-2/4)$ گاز اتن مطابق معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش مقابل به پلی‌اتن تبدیل شده است: $nC_2H_4\rightarrow\text{-}(C_2H_4)\text{-}_n$

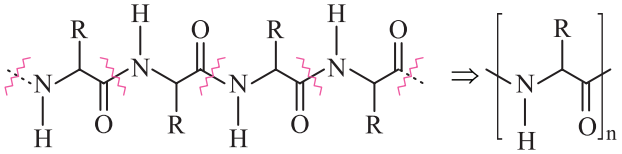
روش اول (کسر تبدیل):

$$?\text{g پلی‌اتن}=0/6\text{mol اتن}\times\frac{1\text{mol پلی‌اتن}}{n\text{mol اتن}}\times\frac{28n\text{g پلی‌اتن}}{1\text{mol پلی‌اتن}}=16/8\text{g پلی‌اتن}$$

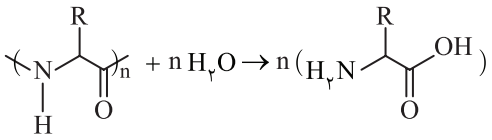
روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول اتن}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم پلی‌اتن}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/6}{n}=\frac{x\text{g پلی‌اتن}}{1\times28n}\Rightarrow x=16/8\text{g پلی‌اتن}$$

۲ ۲ ابتدا فرمول واحد تکرار شوندهٔ پلیمر را تعیین می‌کنیم:



معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش آبکافت پروتئین داده شده:



$$+\left(C_2H_2ONR\right)_n + nH_2O \rightarrow nRC_2H_4O_2N$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$۲۴۵g\,\text{پروتئین}\times\frac{1mol\,\text{پروتئین}}{(56+R)n\,g\,\text{پروتئین}}\times\frac{n\,mol\,\text{آمینو اسید}}{1mol\,\text{پروتئین}}\times\frac{(74+R)g\,\text{آمینواسید}}{1mol\,\text{آمینواسید}}=275g\,\text{آمینواسید}\Rightarrow 275=\frac{245(74+R)}{56+R}\Rightarrow 55(56+R)=49(74+R)$$

$$\Rightarrow R=91\,g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم پروتئین}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم آمینو اسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{245}{1\times(56+R)n}=\frac{275}{n\times(74+R)}\Rightarrow R=91\,g.mol^{-1}$$

۲ ۳ جرم پلی‌اتن را x گرم و جرم پلی‌استیرن را $(16-x)$ گرم در نظر می‌گیریم.

حجم CO_2 حاصل از سوختن پلی‌اتن در شرایط STP:

$$+\left(C_2H_4\right)_n(s)+3nO_2(g)\rightarrow 2nCO_2(g)+2nH_2O(l)$$

$$?\,mol\,CO_2=x\,g\,\text{پلیمر}\times\frac{1mol\,\text{پلیمر}}{28n\,g\,\text{پلیمر}}\times\frac{2n\,mol\,CO_2}{1mol\,\text{پلیمر}}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1mol\,CO_2}=\frac{22/4x}{14}\,L\,CO_2$$

حجم CO_2 حاصل از سوختن پلی‌استیرن در شرایط STP:

$$+\left(C_8H_8\right)_n(s)+10nO_2(g)\rightarrow 8nCO_2(g)+4nH_2O(l)$$

$$?\,mol\,CO_2=(16-x)\,g\,\text{پلیمر}\times\frac{1mol\,\text{پلیمر}}{104n\,g\,\text{پلیمر}}\times\frac{8n\,mol\,CO_2}{1mol\,\text{پلیمر}}\times\frac{22/4\,L\,CO_2}{1mol\,CO_2}=\frac{22/4(16-x)}{13}\,L\,CO_2$$

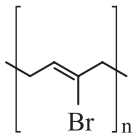
طبق اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{22/4x}{14}+\frac{22/4(16-x)}{13}=26/88\Rightarrow\frac{x}{14}+\frac{16-x}{13}=1/2\Rightarrow x=5/6\,g$$

پس درصد جرمی پلی‌اتن در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد جرمی پلی‌اتن}=\frac{\text{جرم پلی‌اتن}}{\text{جرم مخلوط}}\times 100=\frac{5/6}{16}\times 100=\%35$$

۲ ۴ قسمت اول: واحد تکرار شونده پلیمر داده شده به صورت مقابل است:



ساختار مونومرهای سازندهٔ این پلیمر به صورت  است، پس فرمول این مونومر C_4H_5Br است. درصد جرمی Br در این مونومر برابر است با:

$$\text{درصد جرمی Br}=\frac{1\times 80}{(4\times 12)+(5\times 1)+(1\times 80)}\times 100=\frac{80}{133}\times 100\simeq\%60/1$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$C_4H_5Br+2Br_2\rightarrow C_4H_5Br_5$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Br_2=53/2g\,C_4H_5Br\times\frac{1mol\,C_4H_5Br}{133g\,C_4H_5Br}\times\frac{2mol\,Br_2}{1mol\,C_4H_5Br}\times\frac{160g\,Br_2}{1mol\,Br_2}=128g\,Br_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم }C_4H_5Br}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم }Br_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{53/2}{1\times 133}=\frac{x\,g\,Br_2}{2\times 160}\Rightarrow x=128g\,Br_2$$

۵ ۴ فرمول مولکولی پلی‌استیرن به صورت $+\left(C_8H_8\right)_n$ است. جرم مولی مونومر این پلیمر ۱۰۴ گرم بر مول است، پس n برابر است با:

$$n=\frac{\text{جرم مولی پلیمر}}{\text{جرم مولی واحد تکرارشونده}}=\frac{3/64\times 10^5}{104}=3500$$

حجم نمونهٔ مکعبی برابر است با: $(0/5cm)^3=0/125cm^3$. تعداد اتم‌های این نمونه برابر است با: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,atom=0/125cm^3\,\text{پلیمر}\times\frac{1/04g\,\text{پلیمر}}{1cm^3\,\text{پلیمر}}\times\frac{1mol\,\text{پلیمر}}{3/64\times 10^5 g\,\text{پلیمر}}\times\frac{6/02\times 10^{23}molecule\,\text{پلیمر}}{1mol\,\text{پلیمر}}\times\frac{3500\times 16\,atom}{1molecule\,\text{پلیمر}}=1/204\times 10^{22}\,atom$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{چگالی پلیمر}\times\text{حجم پلیمر}}{\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد ذره}}{16n\times N_A}\Rightarrow\frac{0/125\times 1/04}{3/64\times 10^5}=\frac{x}{16\times 3500\times 6/02\times 10^{23}}\Rightarrow x=1/204\times 10^{22}\,atom$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{۰/۱۲۵\times۱/۰۴\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۳۵۰۰\times۱۶}{۳/۶۴\times۱۰^{۵}}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{۰/۱۲۵\times۱/۰۴\times۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\times۳۵۰۰\times۱۶}{۳/۶۴\times۱۰^{۵}}\xrightarrow[\text{به‌جای عدد ۰/۱۲۵، }\frac{۱}{۸}\text{ قرار می‌دهیم}]{\text{دسته‌بندی و ساده‌سازی}}$$

$$\frac{۶۰۲\times۳۵\times۱۶}{۳۵\times۸}\times\frac{۱۰^{-۲}\times۱۰^{۲}\times۱۰^{۱۸}}{۱۰^{-۱}}\Rightarrow۱۲۰۴\times۱۰^{۱۹}=۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۲}$$

۶ ۳ معادلهٔ نوشتاری واکنش تولید استر: (ضرایب استوکیومتری همهٔ گونه‌های شرکت کننده در واکنش برابر ۱ است.) آب+استر ← الکل+کربوکسیلیک اسید

جرم مولی کربوکسیلیک اسید $(M_۱)$ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۲۴g\,H_۲O\times\frac{۱mol\,H_۲O}{۱۸g\,H_۲O}\times\frac{۱mol\,\text{اسید}}{۱mol\,H_۲O}\times\frac{M_۱\,g\,\text{اسید}}{۱mol\,\text{اسید}}\times\frac{۱۰۰g\,\text{اسید ناخالص}}{۶۸g\,\text{اسید خالص}}=۲۰۰g\,\text{اسید ناخالص}\Rightarrow M_۱=۱۰۲g.mol^{-۱}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم اسید ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲۰۰\times\frac{۶۸}{۱۰۰}}{۱\times M_۱}=\frac{۲۴}{۱\times۱۸}\Rightarrow M_۱=۱۰۲\,g.mol^{-۱}$$

جرم مولی الکل $(M_۲)$ برابر است با:

$$\frac{\text{جرم مولی اسید}}{\text{جرم مولی الکل}}=۱/۷\Rightarrow\frac{۱۰۲}{M_۲}=۱/۷\Rightarrow M_۲=۶۰g.mol^{-۱}$$

پس جرم مولی استر طبق قانون پایستگی جرم برابر است با:

$$\text{جرم مولی استر}=(\text{جرم مولی اسید})+(\text{جرم مولی الکل})-(\text{جرم مولی آب})=(۱۰۲+۶۰)-۱۸=۱۴۴g.mol^{-۱}$$

فرمول عمومی استرها به صورت $C_nH_{۲n}O_۲$ است، پس داریم:

$$۱۲n+۲n+۳۲=۱۴۴\Rightarrow۱۴n=۱۱۲\Rightarrow n=۸$$

پس درصد جرمی کربن در استر مورد نظر برابر است با:

$$\text{درصد جرمی کربن در استر}=\frac{۸\times۱۲}{۱۴۴}\times۱۰۰\simeq٪۶۶/۷$$

۷ ۳ معادلهٔ نوشتاری واکنش آبکافت استر: (ضرایب استوکیومتری همهٔ گونه‌های شرکت کننده در واکنش برابر ۱ است.)

الکل+کربوکسیلیک اسید ← آب+استر

ابتدا مقدار مول آب مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,H_۲O=۵۰s\times\frac{۱min}{۶۰s}\times\frac{۰/۲mol\,H_۲O}{۱min}=\frac{۱}{۶}\,mol\,H_۲O$$

با توجه به ضرایب استوکیومتری گونه‌ها در واکنش آبکافت استر می‌توان نتیجه گرفت که $\frac{۱}{۶}$ مول الکل و $\frac{۱}{۶}$ مول اسید تولید شده است. فرمول مولکولی اسید را $C_nH_{۲n}O_۲$ و فرمول مولکولی الکل را $C_mH_{۲m+۲}O$ در نظر می‌گیریم.

$$?\,g\,\text{اسید}=\frac{۱}{۶}\,mol\,\text{اسید}\times\frac{(۱۴n+۳۲)g\,\text{اسید}}{۱mol\,\text{اسید}}=\frac{۱۴n+۳۲}{۶}\,g\,\text{اسید}$$

$$?\,g\,\text{الکل}=\frac{۱}{۶}\,mol\,\text{الکل}\times\frac{(۱۴m+۱۸)g\,\text{الکل}}{۱mol\,\text{الکل}}=\frac{۱۴m+۱۸}{۶}\,g\,\text{الکل}$$

با توجه به اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{۱۴m+۱۸}{۶}-\frac{۱۴n+۳۲}{۶}=۷\Rightarrow۱۴m+۱۸-۱۴n-۳۲=۴۲\Rightarrow۱۴(m-n)=۵۶\Rightarrow m-n=۴$$

با توجه به فرمول عمومی الکل‌ها و اسیدها تفاوت تعداد اتم‌های هیدروژن این دو ماده برابر است با:

$$۲m+۲-(۲n)=۲(m-n)+۲=۲(۴)+۲=۱۰$$

۸ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های A و B:

واکنش A: $nC_۸H_۶O_۴+n\,N_۲H_۴\rightarrow-(C_۸H_۶O_۲N_۲)_{-n}+۲nH_۲O$

واکنش B: $nC_۸H_۶O_۴+n\,C_۶H_۸N_۲\rightarrow-(C_{۱۴}H_{۱۰}O_۲N_۲)_{-n}+۲nH_۲O$

جرم هیدرازین را x گرم و جرم پارافنیلین دی‌آمین را $(۳۵-x)$ گرم در نظر می‌گیریم:

$$?\,g\,\text{اسید}=xg\,\text{هیدرازین}\times\frac{۱mol\,\text{هیدرازین}}{۳۲g\,\text{هیدرازین}}\times\frac{n\,mol\,\text{اسید}}{n\,mol\,\text{هیدرازین}}\times\frac{۱۶۶g\,\text{اسید}}{۱mol\,\text{اسید}}=\frac{۱۶۶x}{۳۲}\,g\,\text{اسید}$$

$$?\,g\,\text{اسید}=(۳۵-x)g\,\text{پارافنیلین دی‌آمین}\times\frac{۱mol\,\text{پارافنیلین دی‌آمین}}{۱۰۸g\,\text{پارافنیلین دی‌آمین}}\times\frac{n\,mol\,\text{اسید}}{n\,mol\,\text{پارافنیلین دی‌آمین}}\times\frac{۱۶۶g\,\text{اسید}}{۱mol\,\text{اسید}}=\frac{۱۶۶(۳۵-x)}{۱۰۸}\,g\,\text{اسید}$$

طبق اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{۱۶۶x}{۳۲}+\frac{۱۶۶(۳۵-x)}{۱۰۸}=۸۳\Rightarrow\frac{x}{۱۶}+\frac{۳۵-x}{۵۴}=۱\Rightarrow x=۸g$$

پس ۸ گرم هیدرازین و ۲۷ گرم پارافنیلین دی‌آمین مصرف شده است. اکنون جرم پلی‌آمید تولید شده در واکنش‌های A و B را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,A_{\text{آمید}}=8g_{\text{هیدرازین}}\times\frac{1\,mol_{\text{هیدرازین}}}{32g_{\text{هیدرازین}}}\times\frac{1\,mol\,A_{\text{پلی‌آمید}}}{n\,mol_{\text{هیدرازین}}}\times\frac{162n\,g\,A_{\text{پلی‌آمید}}}{1\,mol\,A_{\text{پلی‌آمید}}}=40/5g\,A_{\text{پلی‌آمید}}$$

$$?\,g\,B_{\text{پلی‌آمید}}=27g_{\text{پارافنیلین دی‌آمین}}\times\frac{1\,mol_{\text{پارافنیلین دی‌آمین}}}{108g_{\text{پارافنیلین دی‌آمین}}}\times\frac{1\,mol\,B_{\text{پلی‌آمید}}}{n\,mol_{\text{پارافنیلین دی‌آمین}}}\times\frac{238n\,g\,B_{\text{پلی‌آمید}}}{1\,mol\,B_{\text{پلی‌آمید}}}=59/5g\,B_{\text{پلی‌آمید}}$$

اکنون نسبت جرم پلی آمید A به پلی آمید B را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم پلی‌آمید A}}{\text{جرم پلی‌آمید B}}=\frac{40/5}{59/5}\simeq 0/68$$

۹ ۲ ۶ مول اسید با ۶ مول از الکل‌های A و B واکنش می‌دهد. الکل مصرفی A را x مول و الکل مصرفی B را $(6-x)$ مول در نظر می‌گیریم. جرم الکل‌های مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,B_{\text{الکل}}=(6-x)\,mol\,B_{\text{الکل}}\times\frac{90g\,B_{\text{الکل}}}{1\,mol\,B_{\text{الکل}}}=90(6-x)\,g\,B_{\text{الکل}}$$

$$?\,g\,A_{\text{الکل}}=x\,mol\,A_{\text{الکل}}\times\frac{62g\,A_{\text{الکل}}}{1\,mol\,A_{\text{الکل}}}=62x\,g\,A_{\text{الکل}}$$

جرم اتم‌های کربن موجود در این مقدار از الکل‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{الکل A:}\quad ?\,g\,C=x\,mol\,A_{\text{الکل}}\times\frac{24g\,C}{1\,mol\,A_{\text{الکل}}}=24x\,g\,C$$

$$\text{الکل B:}\quad ?\,g\,C=(6-x)\,mol\,B_{\text{الکل}}\times\frac{48g\,C}{1\,mol\,B_{\text{الکل}}}=48(6-x)\,g\,C$$

با توجه به این‌که ۴۲ درصد جرم الکل‌های مصرف شده را کربن تشکیل می‌دهد، مقدار x را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{جرم کربن در الکل‌ها}}{\text{جرم الکل‌ها}}\times 100=\frac{24x+48(6-x)}{62x+90(6-x)}\times 100=42\Rightarrow x=5$$

بنابراین ۵ مول از الکل A و ۱ مول از الکل B مصرف می‌شود و ۳ مول از الکل A و ۱ مول از الکل B باقی می‌ماند. در ادامه جرم الکل‌های باقی‌مانده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,B_{\text{الکل}}=1\,mol\,B_{\text{الکل}}\times\frac{90g\,B_{\text{الکل}}}{1\,mol\,B_{\text{الکل}}}=90g\,B_{\text{الکل}}$$

$$?\,g\,A_{\text{الکل}}=3\,mol\,A_{\text{الکل}}\times\frac{62g\,A_{\text{الکل}}}{1\,mol\,A_{\text{الکل}}}=186g\,A_{\text{الکل}}$$

اختلاف جرم الکل‌های باقی مانده برابر $96g\,(90-186)$ است.

۱۰ ۴ مقدار مول اسید (RCOOH) مصرف شده برای خنثی شدن ۸۸ گرم NaOH را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol_{\text{اسید}}=88g\,NaOH\times\frac{1\,mol\,NaOH}{40g\,NaOH}\times\frac{1\,mol_{\text{اسید}}}{1\,mol\,NaOH}=2/2mol_{\text{اسید}}$$

در اثر آبکافت x گرم از اتیل بوتانوات و x گرم از متیل متانوات ، اسیدهای بوتانوئیک اسید و متانوئیک اسید تولید می‌شوند. اگر فرض کنیم y مول بوتانوئیک اسید و $(2/2-y)$ مول متانوئیک اسید تولید شوند، داریم:

$$y\,mol\,C_4H_8O_2=x\,g\,C_6H_{12}O_2\times\frac{1\,mol\,C_6H_{12}O_2}{116g\,C_6H_{12}O_2}\times\frac{1\,mol\,C_4H_8O_2}{1\,mol\,C_6H_{12}O_2}=\frac{x}{116}\,mol\,C_4H_8O_2$$

$$(2/2-y)\,mol\,HCOOH=x\,g\,C_2H_4O_2\times\frac{1\,mol\,C_2H_4O_2}{60g\,C_2H_4O_2}\times\frac{1\,mol\,HCOOH}{1\,mol\,C_2H_4O_2}=\frac{x}{60}\,mol\,HCOOH$$

پس داریم:

$$\begin{cases}y=\dfrac{x}{116}\\ 2/2-y=\dfrac{x}{60}\end{cases}\Rightarrow 2/2-\frac{x}{116}=\frac{x}{60}\Rightarrow\frac{x}{60}+\frac{x}{116}=2/2\Rightarrow x=87g$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش خنثی شدن اسیدها با سدیم هیدروکسید به صورت مقابل است:

$$1)\ C_4H_8O_2+NaOH\rightarrow C_4H_7O_2Na+H_2O$$

$$2)\ HCOOH+NaOH\rightarrow HCOONa+H_2O$$

$$?\,g\ (1)_{\text{نمک}}=\frac{87}{116}\,mol\,C_4H_8O_2\times\frac{1\,mol\ (1)_{\text{نمک}}}{1\,mol\,C_4H_8O_2}\times\frac{110g\ (1)_{\text{نمک}}}{1\,mol\ (1)_{\text{نمک}}}=82/5g\ (1)_{\text{نمک}}$$

$$?\,g\ (2)_{\text{نمک}}=\frac{87}{60}\,mol\,HCOOH\times\frac{1\,mol\ (2)_{\text{نمک}}}{1\,mol\,HCOOH}\times\frac{68g\ (2)_{\text{نمک}}}{1\,mol\ (2)_{\text{نمک}}}=98/6g\ (2)_{\text{نمک}}$$

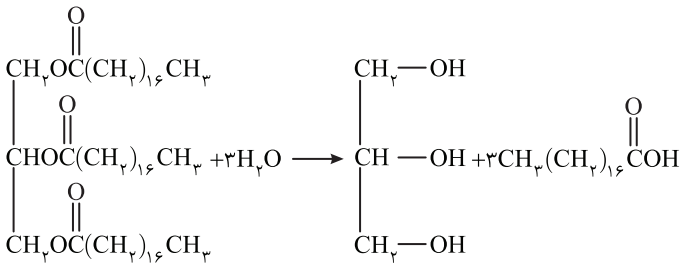
نسبت جرم نمک با جرم کمتر (نمک ۱) به جرم نمک با جرم بیشتر (نمک ۲) برابر است با:

$$\frac{\text{جرم نمک (1)}}{\text{جرم نمک (2)}}=\frac{82/5}{98/6}\simeq 0/84$$

پاسخ تشریحی — آزمون‌های جامع فصل هفتم

فصل هفتم: آزمون کنکور

۱ ۲ عبارت‌های (الف) و (ت) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): معادلهٔ آبکافت ترکیب (A) به‌صورت زیر است:



اسید حاصل از واکنش بالا همان ترکیب (B) است. عبارت (ب): ترکیب (B) یک اسید چرب است که بخش هیدروکربنی آن بسیار بزرگ است و نیروی غالب میان مولکول‌های آن از نوع وان‌درووالسی می‌باشد. عبارت (پ): با توجه به واکنش بالا، فرمول مولکولی الکل سازندهٔ ترکیب (A) به‌صورت $C_3H_8O_3$ و فرمول مولکولی ترکیب (B) به‌صورت $C_{18}H_{36}O_2$ می‌باشد.

$$\text{جرم مولی } C_{18}H_{36}O_2=(18\times12)+(36\times1)+(2\times16)=284\,g.mol^{-1}$$

$$\text{جرم مولی } C_3H_8O_3=(3\times12)+(8\times1)+(3\times16)=92\,g.mol^{-1}$$

اختلاف جرم این دو ترکیب برابر $192\,g.mol^{-1}$ $(284-92)$ است. عبارت (ت): معادلهٔ واکنش مورد نظر به‌صورت زیر است:

$$\underbrace{C_{17}H_{35}CO_2H}_{B}+NaOH\rightarrow C_{17}H_{35}CO_2Na+H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\text{ صابون}=0/4\,mol\,B\times\frac{1\,mol\text{ صابون}}{1\,mol\,B}\times\frac{306\,g\,C_{17}H_{35}CO_2Na}{1\,mol\,C_{17}H_{35}CO_2Na}=122/4\,g\,C_{17}H_{35}CO_2Na$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول B}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم صابون}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/4}{1}=\frac{x\,g\,C_{17}H_{35}CO_2Na}{1\times306}\Rightarrow x=122/4\,g\,C_{17}H_{35}CO_2Na$$

۲ ۲

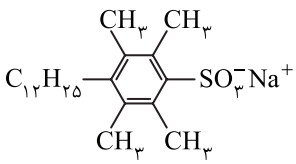
$$R-C_6H_4-SO_3^-Na^+\xrightarrow[\text{سیرشده}]{\text{زنجیر هیدروکربنی}}C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3Na$$:پاک‌کنندهٔ غیرصابونی

با توجه به تفاوت شمار اتم‌های C و H می‌توان نوشت:

$$\text{شمار H}-\text{شمار C}=11\Rightarrow(2n+5)-(n+6)=11\Rightarrow n=12$$

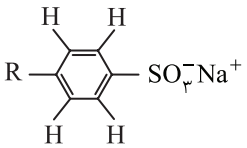
فرمول کلی این پاک‌کننده $C_{12}H_{25}C_6H_4SO_3Na$ است و جرم مولی آن برابر با $348\,g.mol^{-1}$ است.

۳ ۲ پاک‌کننده‌ای که دارای حلقهٔ بنزنی در ساختار خود باشد، همان پاک‌کنندهٔ غیرصابونی با ساختار $R-C_6H_4-SO_3^-Na$ است. با توجه به جایگزینی گروه متیل (CH_3) با اتم‌های هیدروژن در ساختار این پاک‌کننده می‌توان نوشت:



$$\left.\begin{array}{l}C_{18}H_{29}SO_3^-Na\Rightarrow\text{جرم مولی}=348\,g.mol^{-1}\\C_{22}H_{37}SO_3^-Na\Rightarrow\text{جرم مولی}=404\,g.mol^{-1}\end{array}\right\}\Rightarrow\%\Delta m=\frac{404-348}{348}\times100\simeq16$$

۴ ۱ فرم کلی پاک‌کننده‌های غیرصابونی به صورت روبه‌رو است:



شمار اتم‌های هیدروژن حلقهٔ بنزنی در این پاک‌کننده، برابر با ۴ بوده و طبق اطلاعات سؤال، شمار اتم‌های هیدروژن در پاک‌کنندهٔ صابونی برابر ۳۵ $(4+31)$ است. با توجه به فرمول کلی پاک‌کنندهٔ صابونی جامد دارای زنجیر هیدروکربنی سیرشده خواهیم داشت:

$$C_nH_{2n+1}COO^-Na^+\Rightarrow2n+1=35\Rightarrow n=17$$

فرمول صابون جامد مورد نظر به صورت $C_{17}H_{35}COONa$ بوده و جرم مولی آن برابر $306\,g.mol^{-1}$ است. با استفاده از اطلاعات داده شده نمی‌توان فرمول مولکولی بخش R پاک‌کنندهٔ غیرصابونی را تعیین کرد و در نتیجه مقایسه‌های انجام شده در گزینه‌های ۲ تا ۴ قابل بررسی نیستند!

۵ ۲ معادلهٔ موازنهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$\underbrace{2RCOONa(aq)}_{\text{اسید چرب}}+CaCl_2(aq)\rightarrow\underbrace{(RCOO)_2Ca(s)}_{\text{رسوب}}+2NaCl(aq)$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری رسوب را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\text{ رسوب (نظری)}=10\,g\text{ اسید چرب}\times\frac{1\,mol\text{ اسید چرب}}{(253+12+2(16)+23)g\text{ اسید چرب}}\times\frac{1\,mol\text{ رسوب}}{2\,mol\text{ اسید چرب}}=0/0156\,mol\text{ رسوب (نظری)}$$

سپس بازده واکنش را به‌دست می‌آوریم: $R=\frac{\text{مول عملی}}{\text{مول نظری}}\times ۱۰۰=\frac{۰/۰۱۵}{۰/۰۱۵۶}\times ۱۰۰\simeq ٪۹۶$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{جرم اسید چرب}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مول رسوب}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱۰\times\frac{R}{۱۰۰}}{۲\times(۲۵۳+۱۲+۲(۱۶)+۲۳)}=\frac{۰/۰۱۵}{۱}\Rightarrow R\simeq ٪۹۶$

قسمت دوم: برای محاسبهٔ مقدار مول یون‌های محلول، یعنی $(Na^+ \text{ و } Cl^-)$، از مول رسوب استفاده می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\ ion\,(Na^+ \text{ و } Cl^-)=۰/۰۱۵mol\ \text{رسوب}\times\frac{۲mol\ NaCl}{۱mol\ \text{رسوب}}\times\frac{۲mol\ ion}{۱mol\ NaCl}=۰/۰۶mol\ ion$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{مول رسوب}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول یون‌ها}}{\text{مجموع زیروند یون‌ها}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۰/۰۱۵}{۱}=\frac{x\ mol\ ion(Na^+ \text{ و } Cl^-)}{۲\times۲}\Rightarrow x=۰/۰۶mol\ ion(Na^+ \text{ و } Cl^-)$

۶ ۲ صابون‌ها در آب سخت، طبق معادلهٔ زیر با یون‌های منیزیم و کلسیم $(X^{۲+})$ واکنش داده و رسوب سفید رنگی را ایجاد می‌کنند و خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهند.

$$۲RCOONa(aq)+XCl_۲(aq)\rightarrow(RCOO)_۲X(s)+۲NaCl(aq)$$

با توجه به غلظت یون‌های کلسیم و منیزیم و حجم نمونه آب، ابتدا تعداد مول‌های هر یک از این دو یون را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\ Mg^{۲+}=۲/۵L\ \text{آب}\times\frac{۱۰^۳mL\ \text{آب}}{۱L\ \text{آب}}\times\frac{۱g\ \text{آب}}{۱mL\ \text{آب}}\times\frac{۲۶g\ Mg^{۲+}}{۱۰^۶g\ \text{آب}}\times\frac{۱mol\ Mg^{۲+}}{۲۴g\ Mg^{۲+}}=۲/۷۵\times۱۰^{-۲}mol\ Mg^{۲+}$$

$$?\,mol\ Ca^{۲+}=۲/۵L\ \text{آب}\times\frac{۰/۰۰۲۵\ mol\ Ca^{۲+}}{۱L\ \text{آب}}=۶/۲۵\times۱۰^{-۳}mol\ Ca^{۲+}$$

قسمت اول: با توجه به یکسان بودن بار یون‌های منیزیم و کلسیم $(X^{۲+})$، از مجموع مول این دو یون، می‌توانیم مقدار صابونی را که رسوب می‌کند و خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهد، به‌دست آوریم: $\text{مجموع مول یون‌های } Mg^{۲+} \text{ و } Ca^{۲+}=۲/۷۵\times۱۰^{-۲}+۶/۲۵\times۱۰^{-۳}=۳/۳۷۵\times۱۰^{-۲}mol$

روش اول (کسر تبدیل): $\text{جرم صابون رسوب‌شده}=۳/۳۷۵\times۱۰^{-۲}mol\ X^{۲+}\times\frac{۲mol\ \text{صابون}}{۱mol\ X^{۲+}}\times\frac{۳۰۰g\ \text{صابون}}{۱mol\ \text{صابون}}=۲۰/۲۵g\ \text{صابون}$

اکنون درصدی از صابون که خاصیت پاک‌کنندگی خود را در آب سخت از دست داده است را به دست می‌آوریم: $\text{درصد صابون رسوب‌کرده}=\frac{۲۰/۲۵g}{۲۷g}\times۱۰۰=٪۷۵$

روش دوم (تناسب): به این منظور درصدی از صابون که خاصیت پاک‌کنندگی خود را از دست می‌دهد را $٪X$ در نظر می‌گیریم، پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم صابون}\times\frac{x}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{تعداد مول}\,(Ca^{۲+} \text{ و } Mg^{۲+})}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۲۷\times\frac{x}{۱۰۰}}{۲\times۳۰۰}=\frac{۳/۳۷۵\times۱۰^{-۲}}{۱}\Rightarrow x=٪۷۵$$

قسمت دوم: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، به ازای هر مول از یون‌های $Mg^{۲+}$ و $Ca^{۲+}$، ۲ مول Na^+ مبادله می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\ Na^+=۳/۳۷۵\times۱۰^{-۲}mol\,(Ca^{۲+} \text{ و } Mg^{۲+})\times\frac{۲mol\ Na^+}{۱mol\,(Ca^{۲+},Mg^{۲+})}\times\frac{۲۳g\ Na^+}{۱mol\ Na^+}=۱/۵۵g\ Na^+$

روش دوم (تناسب): $۱mol(Mg^{۲+} \text{ و } Ca^{۲+})\sim۲mol\ Na^+$

$$\frac{\text{تعداد مول}\,(Ca^{۲+} \text{ و } Mg^{۲+})}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم } Na^+}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۳/۳۷۵\times۱۰^{-۲}}{۱}=\frac{y\ g\ Na^+}{۲\times۲۳}\Rightarrow y\simeq۱/۵۵g\ Na^+$$

۷ ۱ در محلول یک اسید ضعیف مانند HA با غلظت اولیهٔ M مولار و درجهٔ یونش α، غلظت گونه‌ها به صورت مقابل است: $\underset{M-M\alpha}{HA}\rightleftharpoons\underset{M\alpha}{H^+}+\underset{M\alpha}{A^-}$

با توجه به خواستهٔ سؤال می‌توان نوشت: $\frac{\text{غلظت مولکول‌ها (I)}}{\text{مجموع غلظت یون‌ها (II)}}=\frac{M_۱-M_۱\alpha_۱}{۲M_۲\alpha_۲}=\frac{M_۱(۱-\alpha_۱)}{۲M_۲\alpha_۲}=\frac{۰/۲(۱-۲/۴\times۱۰^{-۲})}{۲\times۰/۱\times۲\times۱۰^{-۲}}=\frac{۹۷/۶\times۱۰^{-۲}}{۲\times۱۰^{-۲}}=۴۸/۸$

۸ ۱ با توجه به رابطهٔ $[H^+]=M.\alpha$ در محلول اسیدهای تک‌پروتون‌دار که در آن M غلظت اولیهٔ اسید است، می‌توان نوشت:

$$\frac{[H^+]_X}{[H^+]_Y}=\frac{X\cdot\alpha}{Y\cdot\alpha}\Rightarrow\frac{۱۰^{-۲}}{۱۰^{-۳}}=\frac{X\times۱۰^{-۱/۳}}{Y\times۱۰^{-۰/۷}}\Rightarrow۱۰=\frac{X}{Y}\times۱۰^{-۰/۶}\Rightarrow\frac{X}{Y}=۱۰^{۱/۶}=۱۰^۱\times۱۰^{۰/۶}=۱۰\times(۱۰^{۰/۳})^۲=۱۰\times۴=۴۰$$

۹ ۴ محلول نیتریک اسید (HNO_3): $[NO_3^-]=M=0/1\,mol.L^{-1}\Rightarrow ?\,g\,NO_3^-=1\,L_{\text{محلول}}\times\frac{0/1\,mol\,NO_3^-}{1\,L_{\text{محلول}}}\times\frac{62g\,NO_3^-}{1\,mol\,NO_3^-}=6/2g\,NO_3^-$

محلول سدیم هیدروکسید ($NaOH$): $[Na^+]=M=0/1\,mol.L^{-1}\Rightarrow ?\,g\,Na^+=1\,L_{\text{محلول}}\times\frac{0/1\,mol\,Na^+}{1\,L_{\text{محلول}}}\times\frac{23g\,Na^+}{1\,mol\,Na^+}=2/3g\,Na^+$

تفاوت جرم آنیون اسید (NO_3^-) و کاتیون باز (Na^+) برابر $3/9g$ ($6/2-2/3$) است.

بررسی سایر گزینه‌ها: در گزینه‌های (۱) تا (۳) به‌ترتیب آمونیاک، هیدروفلوئوریک اسید، آمونیاک و فورمیک اسید، باز یا اسید ضعیف هستند که در آب به‌طور کامل یونیده نمی‌شوند و از این‌رو برای محاسبهٔ جرم آنیون اسید و یا کاتیون باز، باید ثابت یونش (K_a) و یا درجهٔ یونش (α) آن‌ها را داشته باشیم؛ بنابراین فقط در گزینهٔ (۴)، با توجه به اطلاعات داده شده می‌توان جرم یون‌ها را با قطعیت محاسبه کرد.

۱۰ ۴ با توجه به داده‌های مسئله می‌توان نوشت:

$$[H^+]=10^{-pH}\Rightarrow[H^+]=10^{-7/3}=10^{-2}\times10^{0/7}\xrightarrow{0/7=\log5}[H^+]=5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+]=M_{HA}.\alpha\Rightarrow M_{HA}=\frac{[H^+]}{\alpha}\xrightarrow{\alpha=0/1}M_{HA}=\frac{5\times10^{-2}}{0/1}=0/5mol.L^{-1}$$

$$M_{HA}=\frac{n_{HA}}{V}\Rightarrow0/5=\frac{18/8\,g\,HA\times\frac{1\,mol\,HA}{47\,g\,HA}}{V}\Rightarrow V=0/8\,L\equiv800\,mL$$

۱۱ ۱ **قسمت اول:** ابتدا با توجه به مقدار pH، غلظت OH^- موجود در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=10/3\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-10/3}=10^{-11}\times10^{0/7}=5\times10^{-11}\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+][OH^-]=10^{-14}\Rightarrow5\times10^{-11}\times[OH^-]=10^{-14}\Rightarrow[OH^-]=2\times10^{-4}\,mol.L^{-1}$$

با توجه به رابطهٔ $[OH^-]=M.\alpha$ می‌توان مولاریتهٔ باز DOH حل‌شده در آب را محاسبه کرد:

$$[OH^-]=M.\alpha\Rightarrow2\times10^{-4}=M\times10^{-2}\Rightarrow M=2\times10^{-2}\,mol.l^{-1}$$

جرم باز DOH در محلول برابر است با:

$$?\,g\,DOH=2L_{\text{محلول}}\times\frac{2\times10^{-2}\,mol\,DOH}{1\,L_{\text{محلول}}}\times\frac{200g\,DOH}{1\,mol\,DOH}=8g\,DOH$$

اکنون می‌توان درصد باز DOH حل‌شده در آب را محاسبه کرد:

$$\text{درصد DOH حل‌شده}=\frac{\text{جرم DOH حل‌شده}}{\text{جرم DOH اولیه}}\times100=\frac{8g}{40g}\times100=\%20$$

قسمت دوم:

$$[H^+]=5\times10^{-11}mol.L^{-1}\Rightarrow?\,mol\,H^+=0/5L_{\text{محلول}}\times\frac{5\times10^{-11}mol\,H^+}{1\,L_{\text{محلول}}}=2/5\times10^{-11}mol\,H^+$$

۱۲ ۲ مقیاس pH، یک مقیاس لگاریتمی است؛ بنابراین وقتی pH باز AOH یک واحد بیشتر از باز DOH است، پس غلظت یون هیدروکسید در AOH، ۱۰ برابر DOH است. همچنین غلظت یون هیدروکسید، حاصل‌ضرب غلظت اولیهٔ باز در درجهٔ یونش خواهد بود؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\frac{[OH^-]_{AOH}}{[OH^-]_{DOH}}=\frac{M_{AOH}\times\alpha_{AOH}}{M_{DOH}\times\alpha_{DOH}}=10\Rightarrow\frac{M_{AOH}}{M_{DOH}}=10\times\frac{0/12}{0/3}=4$$

۱۳ ۴ **قسمت اول:** برای محاسبهٔ غلظت یون هیدرونیوم و هیدروکسید در محلول اسیدها و بازهای ضعیف، می‌توانیم از روابط زیر استفاده کنیم:

برای اسید ضعیف ($K_a<10^{-3}$):

$$HA(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+A^-(aq)\Rightarrow\begin{cases}[A^-]=[H^+]\\[HA]=M_a-[H^+]\simeq M_a\end{cases}$$

$$K_a=\frac{[H^+][A^-]}{[HA]}=\frac{[H^+]^2}{M_a}\Rightarrow2\times10^{-6}=\frac{[H^+]^2}{2\times10^{-2}}\Rightarrow[H^+]=2\times10^{-4}\,mol.L^{-1}$$

$$XOH(aq)\rightleftharpoons X^+(aq)+OH^-(aq)\Rightarrow\begin{cases}[X^+]=[OH^-]\\[XOH]=M_b-[OH^-]\simeq M_b\end{cases}$$

$$K_b=\frac{[X^+][OH^-]}{[XOH]}=\frac{[OH^-]^2}{M_b}\Rightarrow4\times10^{-4}=\frac{[OH^-]^2}{10^{-2}}\Rightarrow[OH^-]=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

اکنون نسبت غلظت H^+ در محلول اسید به غلظت OH^- در محلول باز را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\text{غلظت مولار یون هیدرونیوم}}{\text{غلظت مولار یون هیدروکسید}}=\frac{2\times10^{-4}}{2\times10^{-3}}=0/1$$

قسمت دوم: برای محاسبهٔ درصد یونش اسید و بازهای ضعیف نیز می‌توانیم از رابطهٔ زیر استفاده کنیم:

درصد یونش اسید HA:

$$\%\alpha_a=\frac{[H^+]}{M_a}\times 100=\frac{2\times10^{-4}}{2\times10^{-2}}\times 100=\%1$$

درصد یونش باز XOH:

$$\%\alpha_b=\frac{[OH^-]}{M_b}\times 100=\frac{2\times10^{-3}}{10^{-2}}\times 100=\%20$$

نسبت درصد یونش باز به درصد یونش اسید برابر است با:

$$\frac{\text{درصد یونش باز}}{\text{درصد یونش اسید}}=\frac{\%20}{\%1}=20$$

۱۴ ۱ ابتدا pH محلول HA را محاسبه می‌کنیم:

$$K_a=\frac{m\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{K_a<10^{-3}}K_a=m\alpha^2\Rightarrow10^{-5}=0/1\times\alpha^2\Rightarrow\alpha^2=10^{-4}\Rightarrow\alpha=10^{-2}$$

$$[H^+]=M\times\alpha=0/1\times10^{-2}=10^{-3}\,mol.L^{-1}\qquad pH=-\log[H^+]=-\log10^{-3}=3$$

با توجه به متن تست که گفته pH محلول HA دو برابر pH محلول نیتریک اسید است، پس خواهیم داشت:

$$pH_{HNO_3}=\frac{3}{2}=1/5$$

اکنون جرمی از HNO_3 که باید در 2L محلول حل شده باشد تا pH آن برابر ۱/۵ باشد را محاسبه می‌کنیم:

$$pH_{HNO_3}=1/5\Rightarrow[H^+]_{HNO_3}=10^{-1/5}=10^{-2+0/5}=10^{-2}\times\underbrace{10^{0/5}}_{3}=3\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,g\,HNO_3=2L\,\text{محلول}\times\frac{3\times10^{-2}\,mol\,HNO_3}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{63g\,HNO_3}{1\,mol\,HNO_3}=3/78g\,HNO_3$$

۱۵ ۳ با توجه به اینکه نیتریک اسید (HNO_3) یک اسید قوی است؛ پس غلظت مولار محلول آن برابر $0/001\,mol.L^{-1}$ است. $M_{HNO_3}=0/001\,mol.L^{-1}$

از آنجا که pH محلول دو اسید یکسان است، پس غلظت یون هیدرونیوم در دو محلول یکسان و برابر $0/001\,mol.L^{-1}$ می‌باشد. اکنون با توجه به K_a و غلظت یون هیدرونیوم در محلول اسید HA، غلظت اولیهٔ آن را به‌دست می‌آوریم:

$$HNO_3(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+NO_3^-(aq)$$

$$[HNO_3]=[H^+]=10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$pH_{(HNO_3)}=pH_{(HA)}\xrightarrow{pH=-\log[H^+]}[H^+]_{(HNO_3)}=[H^+]_{(HA)}=10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{K_a<10^{-3}}K_a=M\alpha^2\Rightarrow2\times10^{-4}=10^{-3}\alpha\Rightarrow\alpha=0/2$$

$$[H^+]=M.n.\alpha\Rightarrow10^{-3}=M_{HA}\times0/2\Rightarrow M_{HA}=5\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

اکنون نسبت خواسته شده در صورت سؤال را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{غلظت محلول HA}}{\text{غلظت محلول }HNO_3}=\frac{5\times10^{-3}}{10^{-3}}=5$$

*** توجه** برخی دانش‌آموزان در حل این مسئله، به دلیل غلظت پایین اسید، در مخرج رابطهٔ $K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}$، از α در برابر یک صرف‌نظر نکردند و برای α عدد دقیق‌تری به دست آوردند و در نهایت به گزینهٔ (۴) رسیدند ولی دقت کنید که چون در متن سؤال واژهٔ «به‌تقریب» آمده است، حتماً باید در مخرج این رابطه از α در برابر یک صرف‌نظر نموده و از رابطهٔ ساده‌تر $K_a=M\alpha^2$ استفاده کرد.

۱۶ ۳ ابتدا درصد یونش HX را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]=10^{-pH}\Rightarrow[H^+]_{HX}=10^{-4/3}=10^{0/7-5}=10^{0/7}\times10^{-5}=5\times10^{-5}\,mol.L^{-1}$$

$$\%\alpha_{HX}=\frac{[H^+]_{HX}}{M_{HX}}\times100=\frac{5\times10^{-5}}{2\times10^{-4}}\times100=\%25$$

سپس با توجه به نسبت درصد یونش HA به HX، درصد یونش HA را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\%\alpha_{HA}}{\%\alpha_{HX}}=\frac{\%\alpha_{HA}}{\%25}=\frac{1}{2}\Rightarrow\%\alpha_{HA}=12/5$$

در ادامه به کمک α و K_a اسید HA، غلظت اولیهٔ آن را در محلول محاسبه می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{K_a<10^{-3}}K_a=M\alpha^2\Rightarrow M=\frac{K_a}{\alpha^2}\Rightarrow M_{HA}=\frac{4\times10^{-5}}{(0/125)^2}=2/56\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

۱۷ ۲ با توجه به اینکه در این فرایند دما ثابت است، پس K_a اسید HA ثابت بوده و با اضافه کردن ۸۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول آن، غلظت اسید، $\frac{1}{5}$ برابر می‌شود، یعنی $M_2=\frac{1}{5}M_1$. با توجه به اینکه K_a اسید کوچک‌تر از 10^{-3} است، رابطهٔ میان K_a، M و α به‌صورت مقابل است: $K_a=M\alpha^2$

با توجه به یکسان بودن K_a در اثر رقیق‌سازی محلول داریم:

$$K_{a_1}=K_{a_2}\Rightarrow M_1\alpha_1^2=M_2\alpha_2^2\Rightarrow\frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2}=\frac{M_1}{M_2}\xrightarrow{\text{جذر}}\frac{\alpha_2}{\alpha_1}=\sqrt{\frac{M_1}{M_2}}\xrightarrow{M_2=\frac{1}{5}M_1}\frac{\alpha_2}{\alpha_1}=\sqrt{\frac{M_1}{\frac{1}{5}M_1}}=\sqrt{5}$$

۱۸ ۲ با توجه به اطلاعات داده شده، مولاریتهٔ اولیهٔ محلول اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$K_{a_1}=\frac{M_1\alpha_1^2}{1-\alpha_1}\Rightarrow 10^{-3}=\frac{M_1(0/1)^2}{1-0/1}\Rightarrow M_1=0/09\,mol.L^{-1}$$

K_a تنها به دما وابسته است و با تغییر غلظت محلول، تغییر نمی‌کند. اکنون مولاریتهٔ اسید را در شرایطی که $\alpha=0/2$ است، محاسبه می‌کنیم:

$$K_{a_2}=\frac{M_2\alpha_2^2}{1-\alpha_2}\Rightarrow 10^{-3}=\frac{M_2(0/2)^2}{1-0/2}\Rightarrow M_2=0/02\,mol.L^{-1}$$

با اضافه کردن آب به محلول اسید، شمار مول‌های اسید ثابت باقی مانده و می‌توان از رابطهٔ مربوط به رقیق کردن محلول‌ها برای محاسبهٔ حجم نهایی محلول استفاده کرد:

$$M_1V_1=M_2V_2\Rightarrow 0/09\times 250=0/02\times V_2\Rightarrow V_2=1125\,mL$$

پس حجم آب اضافه شده برابر است با:

$$\text{حجم آب مقطر اضافه شده}=V_2-V_1=1125-250=875\,mL$$

۱۹ ۱

$$HF(aq)\rightleftharpoons H^+(aq)+F^-(aq),\quad pH=1/3\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/3}=10^{-2}\times\underbrace{10^{0/7}}_{5}=0/05\,mol.L^{-1}$$

$$HF:\ K_a=\frac{[H^+]\times[F^-]}{[HF]}\xrightarrow{[H^+]=[F^-]}5\times10^{-4}=\frac{(0/05)^2}{[HF]}\Rightarrow[HF]=5\,mol.L^{-1}$$

طبق متن تست، غلظت تعادلی HF در محلول، دو برابر غلظت تعادلی استیک اسید در محلول است:

$$[CH_3COOH]=\frac{[HF]}{2}=\frac{5}{2}=2/5\,mol.L^{-1}$$

$$K_a=\frac{[H^+]\times[CH_3COO^-]}{[CH_3COO^-]}\xrightarrow{[H^+]=[CH_3COO^-]}1/6\times10^{-6}=\frac{[CH_3COO^-]^2}{[CH_3COO]}\Rightarrow1/6\times10^{-6}=\frac{[CH_3COO^-]^2}{2/5}\Rightarrow[CH_3COO^-]^2=4\times10^{-6}$$

$$\Rightarrow[CH_3COO^-]=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

حال، می‌توانیم جرم آنیون‌های موجود در محلول $(F^-\ ,\ CH_3COO^-)$ و تفاوت جرم آن‌ها را محاسبه کنیم:

$$?\,g\,HF=1\,L\,\text{محلول}\times\frac{0/05\,mol\,F^-}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{19\,g\,F^-}{1\,mol\,F^-}=0/95\,g\,F^-$$

$$?\,g\,CH_3COO^-=1\,L\,\text{محلول}\times\frac{2\times10^{-3}\,mol\,CH_3COO^-}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{59\,g\,CH_3COO^-}{1\,mol\,CH_3COO^-}=0/118\,g\,CH_3COO^-$$

تفاوت جرم آنیون‌ها برابر $0/832\,g$ $(0/118-0/95)$ است.

۲۰ ۱ ابتدا مولاریتهٔ اسید HY را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,HA=8\,g\,HA\times\frac{1\,mol\,HA}{50\,g\,HA}=0/16\,mol\,HA$$

$$\text{غلظت مولی}\,HA\,(M)=\frac{\text{مول}\,HA}{\text{لیتر محلول}}=\frac{0/16\,mol}{0/4\,L}=0/4\,mol.L^{-1}$$

با چهار برابر کردن حجم محلول، مولاریتهٔ آن $\frac{1}{4}$ می‌شود؛ بنابراین:

$$M_1V_1=M_2V_2\xrightarrow{V_2=4V_1}M_2=\frac{1}{4}M_1$$

برای اسیدهای ضعیف می‌توان از رابطهٔ $K_a=M\alpha^2$ استفاده نمود. از آن‌جایی که در دمای ثابت، K_a ثابت است، خواهیم داشت:

$$K_{a_1}=K_{a_2}\Rightarrow M_2\alpha_2^2\Rightarrow\frac{\alpha_2^2}{\alpha_1^2}=4\Rightarrow\frac{\alpha_2}{\alpha_1}=2$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۲): با دو برابر کردن جرم اسید حل شده و نصف کردن حجم محلول، غلظت محلول اسید افزایش یافته و در نتیجه غلظت H^+ نیز بیشتر شده و در نهایت pH کاهش می‌یابد. گزینهٔ (۳): برای محاسبهٔ غلظت H^+ محلول از رابطهٔ زیر استفاده می‌کنیم:

$$[H^+]=\sqrt{K_a\times M(1-\alpha)}\xrightarrow{K_a<10^{-3}}[H^+]=\sqrt{K_a\times M}=\sqrt{10^{-5}\times0/4}=\sqrt{4\times10^{-6}}=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

در ادامه خواهیم داشت:

$$[H^+][OH^-]=10^{-14}\Rightarrow[OH^-]=\frac{10^{-14}}{2\times10^{-3}}=5\times10^{-12}\,mol.L^{-1}$$

گزینهٔ (۴): با توجه به غلظت H^+ که در توضیحات گزینهٔ (۳) بررسی شد، داریم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(2\times10^{-3})=3-\log2=3-0/3=2/7$$

۲۱ **۲** ابتدا اطلاعاتی را که از اسید HX و HY داریم، می‌نویسیم:

$$HX: ?\,mol = ۵/۴g \times \frac{۱\,mol}{۶۰g} = ۰/۰۹mol \Rightarrow [HX] = \frac{۰/۰۹mol}{۲L} = ۴/۵\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

$$HY: ?\,mol = ۳g \times \frac{۱\,mol}{۵۰g} = ۰/۰۶mol \Rightarrow [HY] = \frac{۰/۰۶mol}{۱L} = ۶\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

از آنجا که غلظت مولی اولیهٔ HY(aq) از HX(aq) بزرگ‌تر بوده و pH دو محلول یکسان شده است، پس قدرت اسیدی یا همان K_a برای HX(aq) بیشتر از HY(aq) است؛ بنابراین گرچه غلظت یون‌ها در هر دو محلول یکسان است، اما به علت حجم متفاوت، شمار یون‌ها در محلول HX دو برابر محلول HY می‌باشد.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): حجم گاز هیدروژن آزاد شده به مول اولیهٔ اسید واکنش‌دهنده بستگی دارد؛ پس در واکنش مقدار کافی فلز منیزیم با محلول HX (۰/۰۹ مول) حجم گاز هیدروژن آزادشده، بیشتر از محلول HY (۰/۰۶ مول) است. گزینهٔ (۳): **روش اول:** به صورت کلی، در محلول اسید ضعیف و فرضی HA با غلظت مولی اولیهٔ M، غلظت مولکول‌های یونیده نشدهٔ اسید برابر $M-[H^+]$ است. با توجه به برابر بودن $[H^+]$ در محلول دو اسید و غلظت اولیهٔ بیشتر HY، غلظت مولکول‌ها در محلول HY بیشتر از غلظت مولکول‌ها در محلول HX است.

روش دوم: طبق محاسبات صورت گرفته در ابتدای پاسخ داریم:

$$\left.\begin{array}{l} \text{غلظت مولکول‌های یونیده‌نشده در محلول HY}: M_{HY}-x = ۶\times۱۰^{-۲}-[H^+] \\ \text{غلظت مولکول‌های یونیده‌نشده در محلول HX}: M_{HX}-x = ۴/۵\times۱۰^{-۲}-[H^+] \end{array}\right\} \Rightarrow \text{غلظت مولکول‌ها در محلول اسید HX} > \text{غلظت مولکول‌ها در محلول اسید HY}$$

گزینهٔ (۴): می‌دانیم در دمای ثابت و در محلول‌های آبی مقدار $[H^+]\times[OH^-]$، ثابت است.

$$[H^+]_{HX} = [H^+]_{HY} \Rightarrow [OH^-]_{HX} = [OH^-]_{HY}$$

۲۲ **۲** عبارت‌های دوم و سوم نادرست‌اند. در اسیدهای آلی، هر چه شمار اتم‌های کربن افزایش یابد، قدرت اسیدی کم‌تر می‌شود؛ بنابراین ثابت یونش فورمیک اسید، ۱۰ برابر استیک اسید است. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: برای محاسبهٔ غلظت H^+ یک محلول با استفاده از غلظت اولیهٔ اسید (M) و ثابت یونش اسید (K_a) می‌توان از فرمول تستی زیر استفاده نمود.

$$[H^+] = \sqrt{K_a.M.(۱-\alpha)}$$

حال به کمک این رابطه، نسبت غلظت H^+ را در دو محلول به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}} = \frac{\sqrt{K_{a_I}.M_I.(۱-\alpha_I)}}{\sqrt{K_{a_{II}}.M_{II}.(۱-\alpha_{II})}} \xrightarrow[M_I=M_{II}]{K_{a_I}=۱۰K_{a_{II}}} \frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}} = \frac{\sqrt{۱۰K_{a_{II}}.M_{II}.(۱-\alpha_I)}}{\sqrt{K_{a_{II}}.M_{II}.(۱-\alpha_{II})}} = \frac{\sqrt{۱۰(۱-\alpha_I)}}{\sqrt{۱-\alpha_{II}}} = \sqrt{۱۰}\times\sqrt{\frac{۱-\alpha_I}{۱-\alpha_{II}}}$$

از آنجا که فورمیک اسید از استیک اسید قوی‌تر است، پس α_I از α_{II} بزرگ‌تر بوده و حاصل «$۱-\alpha_I$» از «$۱-\alpha_{II}$» کوچک‌تر است و $\sqrt{\frac{۱-\alpha_I}{۱-\alpha_{II}}}$ کوچک‌تر از واحد بوده و در نتیجه نسبت $\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}}$ که برابر $\sqrt{۱۰}\times\sqrt{\frac{۱-\alpha_I}{۱-\alpha_{II}}}$ است، کوچک‌تر از $\sqrt{۱۰}$ است.

$$\frac{[H^+]_I}{[H^+]_{II}} = \sqrt{۱۰}\times\underbrace{\sqrt{\frac{۱-\alpha_I}{۱-\alpha_{II}}}}_{\text{کوچک‌تر از ۱}} < \sqrt{۱۰}$$

عبارت دوم: در بالا، نسبت غلظت H^+ در دو محلول را کمتر از $\sqrt{۱۰}$ به‌دست آوردیم؛ بنابراین نسبت شمار یون‌ها در دو محلول که معادل نسبت غلظت یون‌ها در دو محلول است، برابر است با:

$$\begin{cases} [H^+]_I = [HCOO^-] \\ [H^+]_{II} = [CH_۳COO^-] \end{cases} \Rightarrow \frac{[H^+]_I + [HCOO^-]}{[H^+]_{II} + [CH_۳COO^-]} = \frac{۲[H^+]_I}{۲[H^+]_{II}} < \sqrt{۱۰}$$

عبارت سوم: ثابت یونش تنها به دما وابسته است و با تغییر غلظت، هم‌چنان ثابت باقی می‌ماند. عبارت چهارم: با توجه به این‌که غلظت و دمای محلول هر دو اسید یکسان است و فورمیک اسید (محلول (I)) قوی‌تر است، پس شمار مولکول‌های اسید یونیده شده در آن بیشتر و در نتیجه شمار مولکول‌های اسید یونیده نشده کمتر است.

محلول استیک اسید (محلول (II)) > محلول فورمیک اسید (محلول (I)): مقایسهٔ شمار مولکول‌های یونیده شده

محلول استیک اسید (محلول (II)) < محلول فورمیک اسید (محلول (I)): مقایسهٔ شمار مولکول‌های یونیده نشده

بنابراین نسبت شمار مولکول‌های یونیده نشده در محلول (II) به شمار این مولکول‌ها در محلول (I) بزرگ‌تر از یک است.

۲۳ **۱** **قسمت اول:** ابتدا جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

$$HCOOH \rightleftharpoons H^+ + HCOO^-$$

مقدار اولیه	M	۰	۰
تغییرات	$-x$	$+x$	$+x$
مقدار نهایی	$M-x$	x	x

$$pH = ۲/۳ \Rightarrow [H^+] = ۱۰^{-pH} = ۱۰^{-۳}\times۱۰^{۰/۷} = ۵\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

ابتدا غلظت اولیهٔ اسید (M) را محاسبه می‌کنیم:

$$K_a = \frac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]} \Rightarrow ۲\times۱۰^{-۵} = \frac{(۵\times۱۰^{-۳})\times(۵\times۱۰^{-۳})}{M-۵\times۱۰^{-۳}} \Rightarrow M = ۱/۲۵mol.L^{-۱}$$

سپس حجم محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} \Rightarrow ۱/۲۵ = \frac{\frac{۵/۷۵}{۴۶}}{V(L)} \Rightarrow V = ۰/۱\,L$$

قسمت دوم: ابتدا غلظت H^+ موجود در محلول ثانویه را محاسبه می‌کنیم: $pH=۲/۱\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-۲/۱}=۱۰^{-۳}\times۱۰^{۰/۹}=۱۰^{-۳}\times(۱۰^{۰/۳})^۳=۸\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$

سپس با توجه به ثابت بودن K_a، غلظت نهایی فورمیک اسید را به‌دست می‌آوریم:

$$K_a=\frac{[H^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}\Rightarrow ۲\times۱۰^{-۵}=\frac{(۸\times۱۰^{-۳})\times(۸\times۱۰^{-۳})}{M}\Rightarrow M=۳/۲mol.L^{-۱}$$

در ادامه جرم فورمیک اسید موجود را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,HCOOH=۰/۱\,L\,\text{محلول}\times\frac{۳/۲mol\,HCOOH}{۱\,L\,\text{محلول}}\times\frac{۴۶g\,HCOOH}{۱mol\,HCOOH}=۱۴/۷۲g\,HCOOH$$

جرم فورمیک اسید اضافه شده $=۱۴/۷۲g-۵/۷۵g=۸/۹۷g$

۲۴ **۲** با توجه به اطلاعات سؤال، برای محلول اولیه می‌توان نوشت:

$$\text{مولاریته}=\frac{۱۰a.d}{M}=\frac{۱۰\times۲۰\times۱/۲}{۴۰}=۶mol.L^{-۱}$$

با افزودن آب و رقیق کردن محلول، شمار مول‌های حل‌شونده ثابت است؛ بنابراین داریم:

$$M_۱V_۱=M_۲V_۲\Rightarrow۶\times(۱۰\times۱۰^{-۳})=M_۲\times۲\Rightarrow M_۲=۳\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

$NaOH$ یک باز قوی است؛ پس:

$$[OH^-]=M_۲=۳\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}}[H^+]=\frac{۱}{۳}\times۱۰^{-۱۲}\,mol.L^{-۱}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(\frac{۱}{۳}\times۱۰^{-۱۲})=-(\log۳^{-۱}+\log۱۰^{-۱۲})=-(-۰/۵-۱۲)=۱۲/۵$$

غلظت یون هیدروکسید در محلول رقیق شده برابر غلظت باز $NaOH$ است؛ زیرا $NaOH$ یک باز قوی تک‌عاملی است: $[OH^-]_{\text{رقیق}}=M_۲=۳\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$

۲۵ **۳** ابتدا با توجه به pH نهایی محلول داریم:

$$pH=۱/۳\ \text{و}\ [H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱/۳}=۱۰^{-۲+۰/۷}=۱۰^{-۲}\times۱۰^{۰/۷}=۵\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

$$H^+\,\text{شمار مول}=۱/۵L\,\text{محلول}\times\frac{۵\times۱۰^{-۲}\,mol\,H^+}{۱\,L\,\text{محلول}}=۷/۵\times۱۰^{-۲}\,mol\,H^+$$

شمار مول‌های H^+ تولید شده برابر با شمار مول‌های HI یونیده شده است؛ بنابراین با توجه به رابطهٔ سرعت داریم:

$$\bar{R}_{(HI)}=\frac{-\Delta n\,(HI)}{\Delta t}\Rightarrow۰/۰۲=\frac{۷/۵\times۱۰^{-۲}}{\Delta t}\Rightarrow\Delta t=۳/۷۵\,min\ \text{یا}\ ۲۲۵s$$

برای پاسخ به قسمت دوم سؤال از $[H^+]$ که در قسمت قبل محاسبه کردیم، استفاده می‌کنیم:

$$[H^+]=۵\times۱۰^{-۲}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}}[OH^-]=\frac{۱}{۵}\times۱۰^{-۱۲}\,mol.L^{-۱}$$

$$OH^-\,\text{شمار مول}=۵۰\times۱۰^{-۳}\,L\,\text{محلول}\times\frac{\frac{۱}{۵}\times۱۰^{-۱۲}\,mol\,OH^-}{۱\,L\,\text{محلول}}=۱۰^{-۱۴}\,mol\,OH^-$$

۲۶ **۲** با توجه به pH محلول حاصل داریم:

$$pH=۱۳/۷\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱۳/۷}=۱۰^{-۱۴}\times۱۰^{۰/۳}=۲\times۱۰^{-۱۴}\,mol.L^{-۱}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}}[OH^-]=۰/۵mol.L^{-۱}$$

$$?\,mol\,OH^-=۰/۵L\,\text{محلول}\times\frac{۰/۵mol\,OH^-}{۱\,L\,\text{محلول}}=۰/۲۵mol\,OH^-$$

مول OH^- موجود در محلول نهایی برابر با مجموع مول OH^- حاصل از انحلال $K_۲O$ و $Na_۲O$ در آب است. ابتدا شمار مول OH^- حاصل از انحلال $K_۲O$ در آب را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,OH^-=۲/۳۵g\,K_۲O\times\frac{۱mol\,K_۲O}{۹۴g\,K_۲O}\times\frac{۲mol\,KOH}{۱mol\,K_۲O}\times\frac{۱mol\,OH^-}{۱mol\,KOH}=۰/۰۵mol\,OH^-$$

پس شمار مول‌های OH^- حاصل از انحلال $Na_۲O$ در آب برابر با $۰/۲mol$ $(۰/۲۵-۰/۰۵)$ است و داریم:

$$?\,g\,Na_۲O\,\text{ناخالص}=۰/۲mol\,OH^-\times\frac{۱mol\,NaOH}{۱mol\,OH^-}\times\frac{۱mol\,Na_۲O}{۲mol\,NaOH}\times\frac{۶۲g\,Na_۲O}{۱mol\,Na_۲O}\times\frac{۱۰۰}{P}=۱۵/۵g\,Na_۲O\,\text{ناخالص}\Rightarrow P=٪۴۰$$

۲۷ **۴** **قسمت اول:** pH محلول باریم هیدروکسید را به‌دست می‌آوریم:

$$Ba(OH)_۲(aq)\rightarrow Ba^{۲+}(aq)+۲OH^-(aq)$$

$$[OH^-]=M.n.\alpha=۱۰^{-۳}\times۲\times۱=۲\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log(۲\times۱۰^{-۳})=۳-\log۲=۳-۰/۳=۲/۷\Rightarrow pH+pOH=۱۴\xrightarrow{pOH=۲/۷}pH=۱۱/۳$$

با توجه به متن سؤال، pH محلول اسید HA برابر ۴ (۱۱/۳−۷/۳) است. اکنون با توجه به pH محلول اسید HA، ثابت یونش آن را به‌دست می‌آوریم:

$$[H^+]=10^{-pH}=10^{-4}\Rightarrow[H^+]=M.n.\alpha\Rightarrow10^{-4}=(5\times10^{-2})\times1\times\alpha\Rightarrow\alpha=2\times10^{-3}$$

$$K_a=\frac{M\alpha^2}{1-\alpha}\xrightarrow{\alpha<0/05}K_a=M\alpha^2=(5\times10^{-2})\times(2\times10^{-3})^2=2\times10^{-7}$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش این اسید با کلسیم کربنات به‌صورت زیر است:

$$CaCO_3+2HA\rightarrow CaA_2+H_2O+CO_2$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaCO_3=0/1\,L\,HA\,\text{محلول}\times\frac{0/05\,mol\,HA}{1\,L\,HA\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,CaCO_3}{2\,mol\,HA}\times\frac{100\,g\,CaCO_3}{1\,mol\,CaCO_3}=0/25\,g\,CaCO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم }CaCO_3}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول HA}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,g\,CaCO_3}{1\times100}=\frac{0/1\times0/05}{2}\Rightarrow x=0/25\,g\,CaCO_3$$

۲۸ ۱ برای به دست آوردن تغییرات pH یک محلول حاوی اسید قوی، از رابطهٔ «$\Delta pH=\log N_V$» استفاده می‌کنیم. در این رابطه N_V مساوی با $\frac{V_2}{V_1}$ است؛

بنابراین خواهیم داشت:

$$N_V=\frac{V_1+9V_1}{V_1}=\frac{10V_1}{V_1}=10$$

$$\Delta pH=\log N_v=\log10=1$$

بنابراین pH این محلول به میزان یک واحد افزایش می‌یابد.

قسمت دوم: pH اولیهٔ اسید قوی برابر است با:

$$pH_{\text{اسید قوی}}=-\log2\times10^{-3}=3-0/3=2/7\qquad[H^+]_{\text{اسید قوی}}=M.\alpha.n=2\times10^{-3}\times1\times1=2\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

در قسمت قبل دریافتیم که با رقیق کردن محلول اسید قوی، pH آن یک واحد افزایش یافته؛ پس pH آن به ۳/۷ می‌رسد و غلظت H^+ در محلول آن برابر $10^{-3/7}$ یا 2×10^{-4} مول بر لیتر می‌باشد.

$$[H^+]_{\text{اسید قوی رقیق}}=10^{-pH}=10^{-3/7}=10^{-4}\times10^{0/3}=2\times10^{-4}\,mol.L^{-1}$$

از آنجا که pH محلول اسید قوی رقیق شده با pH محلول اسید ضعیف HA برابر است، پس غلظت H^+ در محلول اسید ضعیف HA برابر 2×10^{-4} مول بر لیتر است. به این ترتیب $\alpha\%$ اسید HA را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{(HA)}=M.n.\alpha\Rightarrow2\times10^{-4}=(1\times10^{-3})\times1\times\alpha\Rightarrow\alpha=0/2\Rightarrow\%\alpha=20$$

۲۹ ۳ معادلهٔ سوختن کامل متانول به‌صورت مقابل است:

$$2CH_3OH(l)+3O_2(g)\rightarrow2CO_2(g)+4H_2O(l)$$

ابتدا مقدار مول CO_2 تولیدی در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,CO_2=4\,g\,CH_3OH\,\text{ناخالص}\times\frac{80\,g\,CH_3OH}{100\,g\,CH_3OH\,\text{ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,CH_3OH}{32\,g\,CH_3OH}\times\frac{2\,mol\,CO_2}{2\,mol\,CH_3OH}=0/1\,mol\,CO_2$$

با توجه به یکسان بودن جرم CO_2 در واکنش سوختن کامل متانول و واکنش داده شده در صورت تست، مقدار مول HCl حل شده در ۲ لیتر محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,HCl=0/1\,mol\,CO_2\times\frac{1\,mol\,HCl}{1\,mol\,CO_2}=0/1\,mol\,HCl$$

در ادامه غلظت مولی H^+ و pH محلول هیدروکلریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]=M_{HCl}=\frac{\text{مول HCl}}{\text{لیتر محلول}}=\frac{0/1\,mol}{2L}=5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(5\times10^{-2})=2-\log5=2-0/7=1/3$$

۳۰ ۱ با توجه به توضیحات مسئله، میزان اسید بیش از مقدار لازم برای واکنش با کلسیم بوده است؛ پس ابتدا غلظت اولیه و نهایی HCl را محاسبه می‌کنیم:

I) محاسبهٔ غلظت اولیهٔ HCl: با توجه به اینکه یون Cl^- در واکنش ناظر است و در واکنش شرکت نمی‌کند، پس غلظت مولی آن در هر لحظه از واکنش ثابت بوده و معادل غلظت اولیهٔ محلول HCl است:

$$M_{HCl}(\text{اولیه})=M_{Cl^-}=5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

II) با توجه به اینکه pH محلول پس از واکنش برابر ۱/۷ بوده و HCl یک اسید تک‌پروتونی و قوی است، داریم:

$$M_{HCl}(\text{نهایی})=M_{H^+}(\text{نهایی})=10^{-pH}=10^{-1/7}=10^{0/3-2}=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

در ادامه با توجه به اینکه حجم محلول برابر ۰/۵L است، جرم کلسیم مصرفی و جرم گاز هیدروژن تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Ca=0/5\,L\,\text{محلول}\times\frac{(5\times10^{-2}-2\times10^{-2})\,mol\,HCl}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Ca}{2\,mol\,HCl}\times\frac{40\,g\,Ca}{1\,mol\,Ca}=0/3\,g\,Ca$$

$$?\,g\,H_2=0/5\,L\,\text{محلول}\times\frac{(5\times10^{-2}-2\times10^{-2})\,mol\,HCl}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,mol\,HCl}\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}=0/015\,g\,H_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{تغییر غلظت HCl} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Ca}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } H_2}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/5 \times (5 \times 10^{-2} - 2 \times 10^{-2})}{2}$$

$$= \frac{x\ g\ Ca}{1 \times 40} = \frac{y\ g\ H_2}{1 \times 2} \Rightarrow x = 0/3\ g\ Ca\ ,\quad y = 0/015\ g\ H_2$$

۳۱ **۳** N_2O_5 یک اکسید اسیدی بوده که طبق معادلهٔ واکنش روبه‌رو در آب حل می‌شود:

$$N_2O_5(s) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq)$$

برای حل مسئله، ابتدا از pH، غلظت H^+ موجود در محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$pH = 3/15 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-3/15} = 10^{-4+0/85} = 10^{-4} \times 10^{0/85} = 7 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

از آنجا که HNO_3 یک اسید قوی $(\alpha \simeq 1)$ و تک‌عاملی $(n=1)$ است، پس غلظت HNO_3 نیز برابر $7 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$ است. اکنون از حجم محلول و غلظت HNO_3، جرم N_2O_5 اولیه را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ mg\ N_2O_5 = 0/5\ L\ \text{محلول} \times \frac{7 \times 10^{-4}\ mol\ HNO_3}{1\ L\ \text{محلول}} \times \frac{1\ mol\ N_2O_5}{2\ mol\ HNO_3} \times \frac{108\ g\ N_2O_5}{1\ mol\ N_2O_5} \times \frac{1000\ mg\ N_2O_5}{1\ g\ N_2O_5} = 18/9\ mg\ N_2O_5$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول} HNO_3}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } N_2O_5}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/5 \times (7 \times 10^{-4})}{2} = \frac{x}{1 \times 108} \Rightarrow x = 18/9 \times 10^{-3}\ g\ N_2O_5 = 18/9\ mg\ N_2O_5$$

۳۲ **۲** **قسمت اول:** لیتیم اکسید (Li_2O) یک اکسید بازی است و خواص آن مشابه CaO و K_2O است.

قسمت دوم: pH آب مقطر برابر با ۷ است؛ بنابراین pH محلول حاصل که ۵۰٪ بیش‌تر از pH آب مقطر است برابر $10/5\ (7 + \frac{50}{100}(7))$ می‌باشد.

با توجه به pH محلول حاصل می‌توانیم غلظت یون‌های OH^- را به‌دست آوریم:

$$pH + pOH = 14 \xrightarrow{pH = 10/5} pOH = 14 - 10/5 = 3/5$$

$$[OH^-] = 10^{-pOH} \Rightarrow [OH^-] = 10^{-3/5} = 10^{-4} \times 10^{0/5} = 3 \times 10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

اکنون با توجه به معادلهٔ واکنش انحلال لیتیم اکسید در آب، جرم Li_2O را محاسبه می‌کنیم:

$$Li_2O(s) + H_2O(l) \rightarrow \underbrace{2Li^+(aq) + 2OH^-(aq)}_{2LiOH}$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ mg\ Li_2O = 2/5\ L\ \text{محلول} \times \frac{3 \times 10^{-4}\ mol\ OH^-}{1\ L\ \text{محلول}} \times \frac{1\ mol\ Li_2O}{2\ mol\ OH^-} \times \frac{30\ g\ Li_2O}{1\ mol\ Li_2O} \times \frac{1000\ mg\ Li_2O}{1\ g\ Li_2O} = 11/25\ mg\ Li_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{لیتر محلول} \times \text{غلظت مولی} OH^-}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } Li_2O}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3 \times 10^{-4} \times 2/5}{2} = \frac{x\ g\ Li_2O}{1 \times 30} \Rightarrow x = 11/25 \times 10^{-3}\ g\ Li_2O = 11/25\ mg\ Li_2O$$

۳۳ **۲** **قسمت اول:** ابتدا از pH محلول، غلظت H^+ که معادل غلظت اولیهٔ HA است را محاسبه می‌کنیم:

$$M_{HA} = [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/7} = 10^{0/3-2} = 2 \times 10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

سپس میزان مول HA حل شده در آب و مقدار مول HA اولیه را به‌دست می‌آوریم:

$$?\ mol\ HA\ (\text{حل‌شده}) = 2L\ \text{محلول} \times \frac{2 \times 10^{-2}\ mol\ HA}{1\ L\ \text{محلول}} = 4 \times 10^{-2}\ mol\ HA\ (\text{حل‌شده})$$

$$?\ mol\ HA\ (\text{اولیه}) = 1/12L\ HA \times \frac{1\ mol\ HA}{22/4L\ HA} = 5 \times 10^{-2}\ mol\ HA\ (\text{اولیه})$$

اکنون درصدی از HA که در آب حل شده را به‌دست می‌آوریم:

$$\%HA\ \text{حل‌شده} = \frac{4 \times 10^{-2}}{5 \times 10^{-2}} \times 100 = \%80$$

قسمت دوم: معادلهٔ خنثی شدن اسید HA و NaOH به‌صورت مقابل است:

$$HA(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ g\ NaOH = 0/2L\ HA\ \text{محلول} \times \frac{2 \times 10^{-2}\ mol\ HA}{1\ L\ HA\ \text{محلول}} \times \frac{1\ mol\ NaOH}{1\ mol\ HA} \times \frac{40\ g\ NaOH}{1\ mol\ NaOH} = 0/16\ g\ NaOH$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم NaOH}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{0/2 \times (2 \times 10^{-2})}{1} = \frac{x\ g\ NaOH}{1 \times 40} \Rightarrow x = 0/16\ g\ NaOH$$

۳۴ **۱** معادلهٔ موازنهٔ واکنش‌های داده شده به‌صورت مقابل است:

$$3H_2SO_4(aq) + 2Al(OH)_3(s) \rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq) + 6H_2O(l)$$

$$H_2SO_4(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow Na_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$$

واکنش اول: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,L\ \text{محلول}=0/03\,mol\ Al(OH)_3\times\frac{3\,mol\ H_2SO_4}{2\,mol\ Al(OH)_3}\times\frac{1\,L\ H_2SO_4\ \text{محلول}}{0/1\,mol\ H_2SO_4}=0/45\,L\ H_2SO_4\ \text{محلول}=450\,mL\ H_2SO_4\ \text{محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } Al(OH)_3}{\text{ضریب}}=\frac{H_2SO_4\ \text{مولاریتهٔ}\times\text{حجم محلول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/03}{2}=\frac{0/1\times x\ L\ \text{محلول}}{3}\Rightarrow x=0/45L\ \text{محلول}=450mL\ \text{محلول}$$

واکنش دوم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,L\ \text{محلول}=0/3L\ NaOH\ \text{محلول}\times\frac{0/2mol\ NaOH}{1\,L\ NaOH\ \text{محلول}}\times\frac{1\,mol\ H_2SO_4}{2mol\ NaOH}\times\frac{1\,L\ H_2SO_4\ \text{محلول}}{0/1\,mol\ H_2SO_4}=0/3L\ H_2SO_4\ \text{محلول}=300mL\ H_2SO_4\ \text{محلول}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مولاریتهٔ NaOH}\times\text{حجم محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{H_2SO_4\ \text{مولاریتهٔ}\times\text{حجم محلول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/2\times0/3}{2}=\frac{0/1\times y\ L\ \text{محلول}}{1}\Rightarrow y=0/3L\ \text{محلول}=300mL\ \text{محلول}$$

بنابراین برای واکنش با محلول (الف)، حجم بیشتری از محلول سولفوریک اسید ۰/۱ مولار لازم است و این حجم برابر ۴۵۰ میلی‌لیتر می‌باشد.

۳۵ ۲ معادلهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $NaOH(aq)+HCl(aq)\rightarrow NaCl(aq)+H_2O(l)$

با اضافه کردن V میلی‌لیتر آب خالص به ۲۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۲ مولار NaOH، غلظت آن $(\frac{200}{200+V})$ برابر می‌شود؛ حال رابطهٔ میان حجم آب اضافه شده به محلول NaOH برحسب میلی‌لیتر و غلظت اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\underbrace{M_b.n_b.V_b}_{\text{باز}}=\underbrace{M_a.n_a.V_a}_{\text{اسید}}\Rightarrow(\frac{200}{200+V}\times0/2)\times1\times20=M_a\times1\times10\Rightarrow M_a\times(200+V)=\frac{200\times0/2\times20}{10}=8$$

در میان گزینه‌های داده شده، فقط اعداد موجود در گزینهٔ (۲) در معادلهٔ بالا صدق می‌کند:

$$\begin{cases}V=600\\M_a=0/01\end{cases}\Rightarrow M_a(200+V)=0/01(200+600)=8$$

۳۶ ۳ با توجه به اینکه محلول‌های موجود در دو ظرف (I) و (II) که به‌ترتیب حاوی اسید و باز قوی هستند، به‌طور کامل با یکدیگر خنثی می‌شوند، پس شمار یون‌های H^+ در ظرف (I) باید با شمار یون‌های OH^- در ظرف (II) برابر باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:**

گزینهٔ (۱): با توجه به اینکه اسید و باز به‌طور کامل خنثی می‌شوند، داریم:

$$\text{شمار مول NaOH}=\text{شمار مول HCl}=0/5L\times\frac{0/1\,mol\ HCl}{1\,L\ \text{محلول}}=0/05mol$$

گزینهٔ (۲): در دمای اتاق، در آب و در همهٔ محلول‌های آبی رابطهٔ $[H^+][OH^-]=10^{-14}$ برقرار است. گزینهٔ (۴): HCl یک اسید قوی است و در محلول آن $[H^+]=0/1\,mol.L^{-1}$ است؛ بنابراین داریم:

$$\text{مول } H^+\ \text{ظرف (I)}=0/5L\ \text{محلول}\times\frac{0/1\,mol\ H^+}{1\,L\ \text{محلول}}=5\times10^{-2}\,mol\ H^+$$

$$\text{مول } OH^-\ \text{ظرف (II)}=5\times10^{-2}mol\Rightarrow[OH^-]=\frac{\text{مول } OH^-}{V(L)}=\frac{5\times10^{-2}}{0/25}=0/2mol.L^{-1}$$

با توجه به روابط بالا، در شرایط سؤال نسبت $[OH^-]$ به $[H^+]$ در دو محلول پیش از اختلاط آن‌ها، برابر با ۲ است.

۳۷ ۳ با اضافه کردن ۸۰۰ میلی‌لیتر آب به محلول، حجم نهایی محلول برابر $1000mL\ (200+800)$ است؛ از آنجا که در اثر افزودن آب، شمار مول‌های اسید تغییر نمی‌کند، داریم:

$$M_1V_1=M_2V_2\Rightarrow0/1\times200=M_2\times1000\Rightarrow M_2=0/02mol.L^{-1}$$

پس اختلاف غلظت دو محلول برابر $0/08mol.L^{-1}\ (0/1-0/02)$ می‌شود.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): HNO_3 اسید قوی و KOH باز قوی است؛ پس خواهیم داشت:

$$HNO_3\ \text{محلول}:[H^+]=M=10^{-1}mol.L^{-1}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(10^{-1})=1$$

$$KOH\ \text{محلول}:[OH^-]=M=10^{-1}mol.L^{-1}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=10^{-14}}[H^+]=10^{-13}\,mol.L^{-1}\Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(10^{-13})=13$$

با توجه به محاسبات انجام شده، تفاوت pH دو محلول برابر ۱۲ (۱–۱۳) واحد است.

رسانایی الکتریکی محلول به غلظت یون‌های موجود در آن وابسته است؛ در محلول نیتریک اسید، یون‌های H^+ و NO_3^- با غلظت ۰/۱ مولار و در محلول KOH نیز یون‌های K^+ و OH^- با غلظت ۰/۱ مولار موجود است و در نتیجه میزان رسانایی الکتریکی دو محلول با یکدیگر برابر است.

گزینهٔ (۲): با اضافه کردن دو محلول به یکدیگر، واکنش خنثی شدن اسید - باز مطابق معادلهٔ زیر انجام می‌شود:

$$HNO_3(aq)+KOH(aq)\rightarrow KNO_3(aq)+H_2O(l)$$

شمار مول اسید و شمار مول باز در محلول آن‌ها برابر است:

$$\text{شمار مول } HNO_3=0/2L\times0/1\,mol.L^{-1}=0/02mol \qquad \text{شمار مول KOH}=0/2L\times0/1\,mol.L^{-1}=0/02mol$$

با توجه به اینکه شمار مول اولیهٔ اسید و باز برابر بوده و هر دو تک‌ظرفیتی هستند، پس محلول نهایی خنثی بوده و pH آن برابر ۷ است و به دلیل وجود یون‌های K^+ و NO_3^- در محلول حاصل، محلول به‌دست آمده الکترولیت است.

گزینهٔ (۴):

محلول HNO_3: $[H^+]=[NO_3^-]=0/1\,mol.L^{-1} \Rightarrow$ شمار مول یون‌ها $=0/2L\times(2\times 0/1\,mol.L^{-1})=0/04\,mol$

محلول KOH: $[OH^-]=[K^+]=0/1\,mol.L^{-1} \Rightarrow$ شمار مول یون‌ها $=0/2L\times(2\times 0/1\,mol.L^{-1})=0/04\,mol$

پس مجموع غلظت یون‌ها در دو محلول برابر ۰/۰۸ مول است. از طرفی HNO_3 یک اسید قوی است که در آب به‌طور کامل به یون‌های H^+ و NO_3^- یونیده می‌شود و همچنین KOH نیز یک باز قوی است که در آب به‌طور کامل به یون‌های K^+ و OH^- تفکیک می‌شود و یون‌های NO_3^- و K^+ در محلول به‌صورت یون‌های آب‌پوشیده حضور دارند.

۳۸ (۱) ابتدا تعداد مول OH^- در ۱۰۰ لیتر از محلول باز قوی و تعداد مول H^+ در ۱۰۰ لیتر از محلول اسید قوی را به‌دست می‌آوریم:

باز قوی: $pH=10 \Rightarrow pOH=14-pH=14-10=4 \Rightarrow [OH^-]=10^{-4}\,mol.L^{-1}$

$$?\,mol\,OH^- = 100L\times\frac{10^{-4}\,mol\,OH^-}{1\,L\ محلول}=10^{-2}\,mol\,OH^-$$

اسید قوی: $pH=4 \Rightarrow [H^+]=10^{-4}\,mol.L^{-1}$

$$?\,mol\,H^+ = 100L\times\frac{10^{-4}\,mol\,H^+}{1\,L\ محلول}=10^{-2}\,mol\,H^+$$

دقت کنید که منظور از $pH=7$، در واقع خنثی شدن این دو محلول است. اکنون مقدار HNO_3 و $NaOH$ مورد نیاز برای خنثی کردن به‌ترتیب محلول بازی حاوی 10^{-2} مول OH^- و محلول اسیدی حاوی 10^{-2} مول H^+ را محاسبه می‌کنیم:

$$HNO_3(aq)+OH^-(aq)\rightarrow H_2O(l)+NO_3^-(aq)$$

$$?\,g\,HNO_3=0/01\,mol\,OH^-\times\frac{1\,mol\,HNO_3}{1\,mol\,OH^-}\times\frac{63\,g\,HNO_3}{1\,mol\,HNO_3}=0/63g$$

$$NaOH(aq)+OH^-(aq)\rightarrow H_2O(l)+Na^+(aq)$$

$$?\,g\,NaOH=0/01\,mol\,H^+\times\frac{1\,mol\,NaOH}{1\,mol\,H^+}\times\frac{40\,g\,NaOH}{1\,mol\,NaOH}=0/4g$$

نسبت جرم HNO_3 مصرفی به $NaOH$ مصرفی برابر $1/575\,(\frac{0/63}{0/4})$ است.

۳۹ (۲) ابتدا مقدار مولی از HCl که توسط ۱/۱۶ میلی گرم منیزیم هیدروکسید خنثی می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$I)\ Mg(OH)_2(s)+2HCl(aq)\rightarrow MgCl_2(aq)+2H_2O(l)$$

$$?\,mol\,HCl\,(I\ واکنش)=1/16\times10^{-3}\,g\,Mg(OH)_2\times\frac{1\,mol\,Mg(OH)_2}{58\,g\,Mg(OH)_2}\times\frac{2\,mol\,HCl}{1\,mol\,Mg(OH)_2}=4\times10^{-5}\,mol\,HCl\,(I\ واکنش)$$

سپس مقدار مولی از HCl که توسط ۳/۹۰ میلی گرم $Al(OH)_3$ خنثی می‌شود را به‌دست می‌آوریم:

$$II)\ Al(OH)_3(s)+3HCl(aq)\rightarrow AlCl_3(aq)+3H_2O(l)$$

$$?\,mol\,HCl\,(II\ واکنش)=3/9\times10^{-3}\,g\,Al(OH)_3\times\frac{1\,mol\,Al(OH)_3}{78\,g\,Al(OH)_3}\times\frac{3\,mol\,HCl}{1\,mol\,Al(OH)_3}=1/5\times10^{-4}\,mol\,HCl\,(II\ واکنش)$$

بنابراین با مصرف شربت ضد اسید، در مجموع $1/9\times10^{-4}\,(4\times10^{-5}+1/5\times10^{-4})$ مول HCl از شیرهٔ معده مصرف شده است. حال باید ببینیم غلظت HCl در شیرهٔ معده چند مولار است تا بتوانیم حجمی از شیرهٔ معده که با محلول ضد اسید خنثی می‌شود را به‌دست آوریم:

محاسبهٔ غلظت HCl در شیرهٔ معده:

$$M_{HCl}=[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/7}=10^{-2+0/3}=10^{-2}\times10^{0/3}=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

به دست آوردن حجمی از شیرهٔ معده که توسط شربت ضد اسید خنثی می‌شود:

$$\text{مولاریتهٔ } HCl \text{ در شیرهٔ معده}=\frac{\text{مول } HCl \text{ مصرفی}}{\text{حجم شیرهٔ معدهٔ مصرفی}} \Rightarrow 2\times10^{-2}=\frac{1/9\times10^{-4}\,(mol)}{V(L)} \Rightarrow V=9/5\times10^{-3}\,L=9/5\,mL$$

۴۰ (۲) **قسمت اول:** ابتدا تعداد مول باریم هیدروکسید و سپس مولاریتهٔ محلول آن را حساب می‌کنیم:

$$?\,mol\,Ba(OH)_2=427/5\times10^{-3}\,g\,Ba(OH)_2\times\frac{1\,mol\,Ba(OH)_2}{171\,g\,Ba(OH)_2}=2/5\times10^{-3}\,mol\,Ba(OH)_2$$

$$\text{مولاریته } Ba(OH)_2=\frac{2/5\times10^{-3}\,mol}{250\times10^{-3}\,L}=0/01\,mol.L^{-1}$$

سپس با توجه به اینکه باریم هیدروکسید $(Ba(OH)_2)$ یک باز قوی دوعاملی است، از غلظت مولی باریم هیدروکسید، غلظت یون هیدروکسید را حساب می‌کنیم:

$$[OH^-]=M.n \xrightarrow{n=2} [OH^-]=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

حال از غلظت OH^- محلول، غلظت H^+ موجود در محلول را محاسبه و سپس pH محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$[H^+][OH^-]=10^{-14} \xrightarrow{[OH^-]=2\times10^{-2}} [H^+]=\frac{10^{-14}}{2\times10^{-2}}=5\times10^{-13}\,mol.L^{-1}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(5\times10^{-13})=13-\log5=13-0/7=12/3$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$3Ba(OH)_2(aq)+2H_3PO_4(aq)\rightarrow Ba_3(PO_4)_2(s)+6H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mg\,Ba_3(PO_4)_2=150\times10^{-3}\,L\,Ba(OH)_2\,\text{محلول}\times\frac{10^{-2}\,mol\,Ba(OH)_2}{1\,L\,Ba(OH)_2\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,Ba_3(PO_4)_2}{3\,mol\,Ba(OH)_2}\times\frac{601\,g\,Ba_3(PO_4)_2}{1\,mol\,Ba_3(PO_4)_2}$$

$$\times\frac{10^3\,mg\,Ba_3(PO_4)_2}{1\,g\,Ba_3(PO_4)_2}=300/5\,mg\,Ba_3(PO_4)_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی محلول}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم }Ba_3(PO_4)_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{(150\times10^{-3})\times10^{-2}}{3}=\frac{x\,g\,Ba_3(PO_4)_2}{1\times601}\Rightarrow x=0/3005g=300/5\,mg\,Ba_3(PO_4)_2$$

۴۱ ۴ ابتدا $[H^+]$ برای محلول‌ها را می‌یابیم:

اسید اول $\Rightarrow[H^+]=10^{-1/4}=10^{-2}\times10^{0/6}\Rightarrow[H^+]=4\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$

اسید دوم $\Rightarrow[H^+]=10^{-1/7}=10^{-2}\times10^{0/3}\Rightarrow[H^+]=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$

حال مقدار مول H^+ را براساس a و b (حجم دو محلول) می‌نویسیم:

$$mol\,H^+=0/04\times(a\times10^{-3})+0/02\times(b\times10^{-3})=(2a+b)\times2\times10^{-5}\,mol\,H^+$$

در ادامه مقدار مول OH^- سدیم هیدروکسید را برای محاسبات خنثی‌سازی محاسبه می‌کنیم:

$$mol\,OH^-=0/2L\times0/3mol.L^{-1}=0/06mol\,OH^-$$

از برابری مول H^+ و مول OH^- داریم:

$$(2a+b)\times2\times10^{-5}=0/06\Rightarrow2a+b=3000\Rightarrow \underbrace{a+b}_{\text{خواستهٔ سوال}}+a=3000$$

در ادامه به بررسی هر کدام از گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینهٔ (۱): اگر $a+b=500$ باشد:

$$a+b=500,\ a<500\Rightarrow500+500\text{ عدد کوچک‌تر از }\neq3000$$ ✗

گزینهٔ (۲): اگر $a+b=1000$ باشد:

$$a+b=1000,\ a<1000\Rightarrow1000+1000\text{ عدد کوچک‌تر از }\neq3000$$ ✗

گزینهٔ (۳): اگر $a+b=250$ باشد:

$$a+b=250,\ a<250\Rightarrow250+250\text{ عدد کوچک‌تر از }\neq3000$$ ✗

گزینهٔ (۴): اگر $a+b=2000$ باشد: (می‌تواند برقرار باشد) $=3000$ عدد کوچک‌تر از

$$a+b=2000,\ a<2000\Rightarrow2000+2000$$

۴۲ ۲

$$K_2O(s)+2HA(aq)\rightarrow2KA(aq)+H_2O(l)$$

$$?\,mol\,HA=0/1\,L\,\text{محلول}\times\frac{0/5mol\,HA}{1\,L\,\text{محلول}}=0/05mol\,HA$$

$$Na_2O(s)+2HA(aq)\rightarrow2NaA(aq)+H_2O(l)$$

$$pH=0/3\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-0/3}=10^{-1}\times10^{0/7}=0/5mol.L^{-1}$$

ابتدا از pH و حجم اسید HA، مقدار مول HA را محاسبه می‌کنیم و مقدار مول HA مصرفی توسط K_2O و Na_2O را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,HA=y\,mol\,K_2O\times\frac{2mol\,HA}{1\,mol\,K_2O}=2y\,mol\,HA$$

$$?\,mol\,HA=x\,mol\,Na_2O\times\frac{2mol\,HA}{1\,mol\,Na_2O}=2x\,mol\,HA$$

در ادامه با تشکیل دستگاه دو معادله – دو مجهول، مقدار x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases}(x\times62)+(y\times94)=2g\\2x+2y=0/5\end{cases}\Rightarrow\begin{cases}62x+94y=2\\x+y=0/25\end{cases}\Rightarrow x=0/11,\ y=0/14$$

در آخر، جرم Na_2O موجود در مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$Na_2O\,\text{جرم}=0/11\,mol\,Na_2O\times\frac{62g\,Na_2O}{1\,mol\,Na_2O}=0/68g\,Na_2O$$

۴۳ ۳ و ۴ بررسی گزینه‌های نادرست: گزینهٔ (۳): با اضافه کردن باز DOH به محلول، غلظت آن افزایش یافته و درصد یونش آن تغییر می‌کند و نمی‌توان در مورد pH ثانویهٔ محلول و به عبارتی میزان تغییرات pH محلول اظهارنظر کرد؛ ولی اگر حتی میزان درصد یونش را در این شرایط همچنان ۲۰٪ در نظر بگیریم، با توجه به عدم تغییر حجم محلول میزان تغییرات pH محلول برابر ۰/۳ نخواهد بود:

محاسبهٔ pH اولیه:

$$M_{DOH}=\frac{1/2g\,DOH\times\frac{1\,mol\,DOH}{80g\,DOH}}{0/25L}=6\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$[OH^-]=M_{DOH}\times\alpha=(۶\times۱۰^{-۲})\times۰/۲=۱۲\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow[H^+]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۱۲\times۱۰^{-۳}}=\frac{۱}{۱۲}\times۱۰^{-۱۱}\,mol.L^{-۱}$

$pH=-\log[H^+]=-\log(\frac{۱}{۱۲}\times۱۰^{-۱۱})=۱۱+\log۱۲=۱۱+۲\log۲+\log۳=۱۱+۲(۰/۳)+۰/۵=۱۲/۱$

محاسبهٔ pH ثانویه:

$M_{DOH}=\frac{(۱/۲+۰/۸)g\ DOH\times\frac{۱\,mol\ DOH}{۸۰g\ DOH}}{۰/۲۵L}=۱۰^{-۱}\,mol.L^{-۱}$

$[OH^-]=M_{DOH}\times\alpha=(۱۰^{-۱})\times۰/۲=۲\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}\Rightarrow[H^+]=\frac{۱۰^{-۱۴}}{۲\times۱۰^{-۲}}=\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۱۲}\,mol.L^{-۱}$

$pH=-\log[H^+]=-\log(\frac{۱}{۲}\times۱۰^{-۱۲})=۱۲+\log۲=۱۲+۰/۳=۱۲/۳$

بنابراین pH این محلول به میزان ۰/۲ (۱۲/۱−۱۲/۳) تغییر می‌کند.

گزینهٔ (۴): مقدار «$M\times n\times V$» را برای اسید و باز محاسبه می‌کنیم:

اسید HCl $\Rightarrow(۰/۰۲)\times۱\times۵۰=۱$ باز DOH $\Rightarrow(۶\times۱۰^{-۲})\times۱\times۵۰=۳$

با توجه به اینکه حاصل «$M\times n\times V$» برای باز بزرگ‌تر است، پس در اثر اختلاط دو محلول، محلول نهایی خاصیت بازی خواهد داشت. طراح کنکور پاسخ این تست را گزینهٔ (۴) در نظر گرفته است.

بررسی گزینه‌ها (۱) و (۲): گزینهٔ (۱): با توجه به محاسبات بالا، غلظت H^+ در محلول برابر است با: $[H^+]=\frac{۱}{۱۲}\times۱۰^{-۱۱}\simeq۸/۳\times۱۰^{-۱۳}\,mol.L^{-۱}$

گزینهٔ (۲): با توجه به محاسبات بالا، غلظت OH^- در محلول برابر ۰/۰۱۲ مول بر لیتر است و با غلظت H^+ در محلول اسید قوی HA با غلظت ۰/۰۱۲ مول بر لیتر برابر است: $[H^+]_{HA}=M\times\alpha=۰/۰۱۲\times۱=۰/۰۱۲mol.L^{-۱}$

۴۴ **۲** ابتدا شمار مول H^+ اسید و شمار مول OH^- باز را به‌دست می‌آوریم:

محلول HBr: $[H^+]=M_a=۰/۲mol.L^{-۱}\Rightarrow H^+$ مول $=[H^+]\times V=۰/۲\times۰/۱=۰/۰۲mol\,H^+$

محلول NaOH: مولاریته NaOH $(M_b)=\frac{\text{مول NaOH}}{V(l)}=\frac{\frac{۱/۶}{۴۰}mol}{۱L}=۰/۰۴mol.L^{-۱}$

$[OH^-]=M_b=۰/۰۴mol.L^{-۱}\Rightarrow OH^-$ مول $=[OH^-]\times V=۰/۰۴\times۰/۲=۰/۰۰۸mol\,OH^-$

مطابق معادلهٔ واکنش خنثی شدن اسید و باز، $H^+ + OH^- \rightarrow H_۲O$، هر مول OH^- با یک مول H^+ خنثی می‌شود؛ در نتیجه شمار مول‌های H^+ باقی‌مانده در محلول برابر است با:

مول H^+ باقی‌مانده $=\underbrace{۰/۰۲}_{H^+\text{ اولیه}}-\underbrace{۰/۰۰۸}_{H^+\text{ که با }OH^-\text{ خنثی شده است}}=۰/۰۱۲mol$

اکنون $[H^+]$ در محلول نهایی و pH آن را محاسبه می‌کنیم:

$[H^+]=\frac{n}{V(l)}=\frac{۰/۰۱۲mol}{\underbrace{(۰/۱+۰/۲+۰/۲)L}_{۰/۵}}=۰/۰۲۴mol.L^{-۱}$

$pH=-\log[H^+]=-\log(۲۴\times۱۰^{-۳})=-\log(۲^۳\times۳\times۱۰^{-۳})\Rightarrow۳-۳\log۲-\log۳=۳-۳(۰/۳)-۰/۵=۱/۶$

۴۵ **۳** برای حل این سؤال کافی است که مقدار مول اسید و بازها را محاسبه کرده و سپس به کمک pH نهایی، حجم نهایی محلول را از حجم هر یک از محلول‌های اولیه کم کرده و حجم آب اضافه‌شده را محاسبه کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} HCl: n(H^+)=۰/۲۵mL\times۰/۲mol.L^{-۱}=۰/۰۵mol \\ KOH: n(OH^-)=۰/۱L\times۰/۱mol.L^{-۱}=۰/۰۱mol \\ NaOH: n(OH^-)=۰/۱۵L\times\frac{۴g\ NaOH}{۱L}\times\frac{۱mol\ NaOH}{۴۰g\ NaOH}=۰/۰۱۵mol \end{array}\right\}\Rightarrow n(H^+)=۰/۰۵-(۰/۰۱+۰/۰۱۵)=۰/۰۲۵mol$$

$[H^+]=\frac{n(H^+)}{V_{نهایی}}\Rightarrow۱۰^{-pH}=\frac{۰/۰۲۵mol}{V_{نهایی}}=۱۰^{-۱/۷}=۲\times۱۰^{-۲}\Rightarrow V_{نهایی}=\frac{۰/۰۲۵}{۲\times۱۰^{-۲}}=۱/۲۵L$

$V_{H_۲O}=۱/۲۵-(۰/۲۵+۰/۱+۰/۱۵)=۰/۷۵L=۷۵۰mL$

فصل هفتم: آزمون جامع ۱

۱ ۲ فرمول اسید چرب تک عاملی با زنجیر هیدروکربنی خطی و سیرشده به‌صورت $C_nH_{2n+1}COOH$ است و جرم مولی آن برابر $14n+46$ گرم بر مول می‌باشد. معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن اسید چرب:

$$C_nH_{2n+1}COOH+(\frac{3n+1}{2})O_2\rightarrow(n+1)CO_2+(n+1)H_2O$$

با توجه به اطلاعات مسئله و استوکیومتری واکنش، n را به‌دست می‌آوریم:

$$84L\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{22/4\,L\,CO_2}\times\frac{1\,mol\,\text{اسید}}{(n+1)\,mol\,CO_2}\times\frac{(14n+46)g\,\text{اسید}}{1\,mol\,\text{اسید}}=60g\,\text{اسید}\Rightarrow 16=\frac{14n+46}{n+1}\Rightarrow n=15$$

پس فرمول اسید چرب به‌صورت $C_{15}H_{31}COOH$ بوده و فرمول صابون مایع حاصل از آن می‌تواند به‌صورت $C_{15}H_{31}COOK$ یا $C_{15}H_{31}COONH_4$ باشد.

۲ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش صابون جامد با کلسیم کلرید به صورت زیر است:

$$2RCOONa(aq)+CaCl_2(aq)\rightarrow(RCOO)_2Ca(s)+2NaCl(aq)$$

جرم مولی صابون را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم و آن را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$0/25L\,CaCl_2\times\frac{0/8\,mol\,CaCl_2}{1L\,CaCl_2}\times\frac{2mol\,\text{صابون}}{1mol\,CaCl_2}\times\frac{M\,g\,\text{صابون}}{1mol\,\text{صابون}}=111/2g\,\text{صابون}\Rightarrow M=278g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت محلول }CaCl_2\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{گرم صابون}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/25\times0/8}{1}=\frac{111/2}{2\times M}\Rightarrow M=278\,g.mol^{-1}$$

اگر جرم مولی یک صابون جامد با فرمول شیمیایی $C_nH_{2n+1}COONa$ برابر $278\ g.mol^{-1}$ باشد، می‌توانیم بنویسیم:

$$\text{جرم مولی صابون}=12n+2n+1+12+32+23=278\Rightarrow 14n+68=278\Rightarrow 14n=210\Rightarrow n=15$$

پس فرمول صابون به‌صورت $C_{15}H_{31}COONa$ یا $C_{16}H_{31}O_2Na$ می‌باشد و نسبت شمار اتم‌های کربن به اکسیژن در آن برابر $8\ (\frac{16}{2})$ است.

اکنون شمار یون‌های تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,ion=0/25L\,CaCl_2\times\frac{0/8\,mol\,CaCl_2}{1L\,CaCl_2}\times\frac{2\,mol\,NaCl}{1mol\,CaCl_2}\times\frac{2\,mol\,ion}{1mol\,NaCl}=0/8mol\,ion$$

۳ ۲ **قسمت اول:** فرمول کلی پاک‌کنندهٔ غیرصابونی به‌صورت $RC_6H_4SO_3Na$ است که اگر R سیرشده و خطی باشد، فرمول شیمیایی پاک‌کننده به‌صورت $C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3Na$ است. اگر R خطی و سیرنشده باشد به ازای هر پیوند دوگانهٔ کربن - کربن، دو اتم هیدروژن از فرمول شیمیایی آن کم می‌شود، پس می‌توانیم بیان کنیم: فرمول پاک‌کنندهٔ غیرصابونی با ۲ پیوند دوگانه در زنجیر هیدروکربنی خطی: $C_nH_{2n-3}C_6H_4SO_3Na$

$$\xrightarrow{n=15}C_{15}H_{27}C_6H_4SO_3Na=(15\times12)+(27\times1)+(6\times12)+(4\times1)+(1\times32)+(3\times16)+(1\times23)=386g.mol^{-1}$$

با توجه به اینکه رقم سمت راست اعداد ارائه شده در گزینه‌ها یکسان نیست، برای محاسبهٔ جرم مولی پاک‌کننده کافی است رقم‌های سمت راست حاصل پرانتزها را با یکدیگر جمع کنید.

قسمت دوم: فرمول پاک‌کنندهٔ صابونی با زنجیر هیدروکربنی سیرشده به‌صورت $C_{17}H_{35}COONa$ است، پس داریم:

$$\begin{cases}C_{17}H_{35}COONa\ \text{تعداد اتم‌های}=56\\C_{15}H_{27}C_6H_4SO_3Na\ \text{تعداد اتم‌های}=57\end{cases}\Rightarrow\text{اختلاف تعداد اتم‌ها}=57-56=1$$

۴ ۳ ابتدا غلظت اولیهٔ اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]=M\alpha\Rightarrow1/25\times10^{-3}=M\times2/5\times10^{-2}\Rightarrow M=0/05mol.L^{-1}$$

سپس جرم گاز HF لازم را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,HF=0/3L\,\text{محلول}\times\frac{0/05\,mol\,HF}{1L\,\text{محلول}}\times\frac{20g\,HF}{1mol\,HF}=0/3g\,HF$$

۵ ۳ ابتدا غلظت یون هیدرونیوم این محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]=M\alpha=1/8\times2\times10^{-3}=3/6\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

در محلول، یون‌های H^+ و $HCOO^-$ وجود دارند و می‌دانیم که $[H^+]=[HCOO^-]$ است، پس مجموع غلظت این دو یون برابر $7/2\times10^{-3}$ مول بر لیتر است.

اکنون حجم محلولی از متانوئیک اسید که در آن $7/2\times10^{-4}$ مول یون وجود دارد را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mL\,\text{محلول}=7/2\times10^{-4}\,mol\,ion\times\frac{1L\,\text{محلول}}{7/2\times10^{-3}\,mol\,ion}\times\frac{1000mL\,\text{محلول}}{1L\,\text{محلول}}=100mL\,\text{محلول}$$

۶ ۱ عبارت ثابت تعادل این واکنش به‌صورت مقابل است:

$$K=\frac{[NO]^۲[O_۲]}{[NO_۲]^۲}$$

مقدار مول تعادلی گاز اکسیژن $(O_۲)$ برابر است با:

$$?\,mol\,O_۲=۴g\,O_۲\times\frac{۱\,mol\,O_۲}{۳۲g\,O_۲}=۰/۱۲۵mol\,O_۲$$

عبارت ثابت تعادل را به‌صورت زیر می‌نویسیم و ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم: (غلظت $NO_۲$، ۵ برابر غلظت NO است، یعنی $\frac{n_{NO}}{n_{NO_۲}}=\frac{۱}{۵}$)

$$K=\frac{[NO]^۲[O_۲]}{[NO_۲]^۲}=\frac{(n_{NO})^۲\times n_{O_۲}}{(n_{NO_۲})^۲}\times V^{-(۳-۲)}=(\frac{n_{NO}}{n_{NO_۲}})^۲\times n_{O_۲}\times\frac{۱}{V}=\frac{۱}{۲۵}\times۰/۱۲۵\times\frac{۱}{۱/۲۵}=۴\times۱۰^{-۳}$$

۷ ۲ نیتریک اسید: با n برابر کردن حجم محلول اسید قوی، pH به اندازهٔ $\log n$ افزایش می‌یابد:

$$pH_{\text{جدید}}=pH_{\text{اولیه}}+\log n\Rightarrow۲/۷۵=۲/۱۵+\log n\Rightarrow\log n=۰/۶\Rightarrow n=۱۰^{۰/۶}=۱۰^{\log ۴}=۴$$

پس در اثر اضافه شدن ۴۵ میلی‌لیتر آب به x میلی‌لیتر محلول اسید، حجم آن ۴ برابر شده است، پس x برابر است با:

$$\frac{۴۵+x}{x}=۴\Rightarrow۴۵+x=۴x\Rightarrow x=۱۵mL$$

سدیم هیدروکسید: با n برابر کردن حجم محلول باز قوی، pH به اندازهٔ $\log n$ کاهش می‌یابد:

$$pH_{\text{جدید}}=pH_{\text{اولیه}}-\log n\Rightarrow۱۰/۸۵=۱۱/۷-\log n\Rightarrow\log n=۰/۸۵\Rightarrow n=۱۰^{۰/۸۵}=۱۰^{\log ۷}=۷$$

پس در اثر اضافه شدن y میلی‌لیتر آب به ۲۰ میلی‌لیتر محلول باز، حجم آن ۷ برابر شده است، پس y برابر است با:

$$\frac{y+۲۰}{۲۰}=۷\Rightarrow y+۲۰=۱۴۰\Rightarrow y=۱۲۰mL$$

بنابراین نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{x}{y}=\frac{۱۵}{۱۲۰}=\frac{۱}{۸}=۰/۱۲۵$$

۸ ۱ ابتدا غلظت $Fe^{۲+}$ را با توجه به $[OH^-]=۲[Fe^{۲+}]$ و ثابت تعادل محاسبه می‌کنیم:

$$K=[Fe^{۲+}][OH^-]^۲\Rightarrow۵\times۱۰^{-۱۶}=[Fe^{۲+}]\times۴[Fe^{۲+}]^۲=۴[Fe^{۲+}]^۳\Rightarrow[Fe^{۲+}]=۵\times۱۰^{-۶}\,mol.L^{-۱}$$

با توجه به فرمول آهن (II) هیدروکسید می‌دانیم که $[Fe^{۲+}]=[Fe(OH)_۲]$، پس انحلال‌پذیری این ترکیب برابر است با:

$$?\,g\,Fe(OH)_۲=۱۰۰g\,\text{محلول}\times\frac{۱mL\,\text{محلول}}{۱g\,\text{محلول}}\times\frac{۱L\,\text{محلول}}{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}\times\frac{۵\times۱۰^{-۶}mol\,Fe(OH)_۲}{۱L\,\text{محلول}}\times\frac{۹۰g\,Fe(OH)_۲}{۱mol\,Fe(OH)_۲}=۴/۵\times۱۰^{-۵}g\,Fe(OH)_۲$$

۹ ۴ ابتدا جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

$$۲CO(g)+۲NO(g)\rightleftharpoons N_۲(g)+۲CO_۲(g)$$

مول اولیه	۵	۴	۰	۰
تغییر مول	$-۲x$	$-۲x$	$+x$	$+۲x$
مول تعادلی	$۵-۲x$	$۴-۲x$	x	$۲x$

اگر ۲۵٪ از گاز NO باقی مانده باشد، داریم:

$$\%NO_{\text{باقی‌مانده}}=\frac{۴-۲x}{۴}\times۱۰۰=۲۵\Rightarrow۲x=۳\Rightarrow x=۱/۵$$

مجموع شمار مول‌های تعادلی داخل ظرف برابر است با:

$$۵-۲x+۴-۲x+x+۲x=۹-x=۹-۱/۵=۷/۵mol$$

ثابت تعادل برابر است با:

$$K=\frac{[N_۲][CO_۲]^۲}{[CO]^۲[NO]^۲}=\frac{n_{N_۲}\times(n_{CO_۲})^۲}{(n_{CO})^۲\times(n_{NO})^۲}\times V^{-(۳-۴)}=\frac{(۱/۵)\times(۳)^۲}{(۲)^۲\times(۱)^۲}\times۴=۱۳/۵$$

۱۰ ۳ همان‌طور که می‌دانید، ثابت یونش اسیدها فقط وابسته به دماست، از این رو در دمای معین، ثابت یونش اسید یکسان است.

استیک اسید یک اسید ضعیف است $(K_a<۱۰^{-۳})$. پس داریم:

$$K_{a_۱}=K_{a_۲}\Rightarrow M_۱\alpha_۱^۲=M_۲\alpha_۲^۲\Rightarrow\frac{\alpha_۱}{\alpha_۲}=\sqrt{\frac{M_۲}{M_۱}}=\sqrt{\frac{۰/۰۶}{۰/۲۴}}=\frac{۱}{۲}$$

۱۱ ۱

$$\%\alpha=۴۰\Rightarrow\alpha=۰/۴$$

با توجه به اینکه $\alpha>۰/۰۵$ است، داریم:

$$K_b=\frac{[OH^-].\alpha}{۱-\alpha}\Rightarrow\frac{[OH^-]}{K_b}=\frac{۱-\alpha}{\alpha}=\frac{۱-۰/۴}{۰/۴}=\frac{۳}{۲}$$

۱۲ ۲ اسید و باز، هر دو ضعیف هستند و $K<۱۰^{-۳}$ است. اگر غلظت اسید را $۲M$ و غلظت باز را M در نظر بگیریم، داریم:

اسید HA:

$$[H^+]_a=\sqrt{K_a.(۲M)}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}}[OH^-]_a=\frac{۱۰^{-۱۴}}{\sqrt{K_a.(۲M)}}$$

باز BOH:

$$[OH^-]_b=\sqrt{K_b.(M)}\xrightarrow{[H^+][OH^-]=۱۰^{-۱۴}}[H^+]_b=\frac{۱۰^{-۱۴}}{\sqrt{K_b.(M)}}$$

نسبت خواسته شده برابر است با:

$$\frac{[H^+]_b}{[OH^-]_a}=\frac{\frac{10^{-14}}{\sqrt{K_b.(M)}}}{\frac{10^{-14}}{\sqrt{K_a.(2M)}}}=\frac{\sqrt{K_a(2M)}}{\sqrt{K_b.(M)}}=\sqrt{\frac{2\times9\times10^{-6}}{5\times10^{-5}}}=\frac{6}{10}=0/6$$

۱۳ ۴ نقطهٔ اول:

$$pH=1/9\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/9}=10^{+0/6}\times10^{+0/5}\times10^{-3}=10^{\log4}\times10^{\log3}\times10^{-3}=12\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,mL\,HBr=2/5\,L\,\text{محلول}\times\frac{12\times10^{-3}\,mol\,HBr}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{22400\,mL\,HBr}{1\,mol\,HBr}=672\,mL\,HBr$$

نقطهٔ دوم:

$$pH=2/2\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-2/2}=10^{0/3}\times10^{0/5}\times10^{-3}=10^{\log2}\times10^{\log3}\times10^{-3}=6\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,mL\,HBr=2/5\,L\,\text{محلول}\times\frac{6\times10^{-3}\,mol\,HBr}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{22400\,mL\,HBr}{1\,mol\,HBr}=336\,mL\,HBr$$

نقطهٔ سوم:

$$pH=2/4\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-2/4}=10^{+0/6}\times10^{-3}=10^{\log4}\times10^{-3}=4\times10^{-3}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,mL\,HBr=2/5\,L\,\text{محلول}\times\frac{4\times10^{-3}\,mol\,HBr}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{22400\,mL\,HBr}{1\,mol\,HBr}=224\,mL\,HBr$$

پس x برابر با ۱۱۲ (۲۲۴–۳۳۶) و y برابر با ۳۳۶ (۶۷۲–۳۳۶) است و اختلاف x و y برابر است با:

$$y-x=336-112=224mL$$

۱۴ ۳ قسمت اول: معادلهٔ واکنش تعادلی:

$$2SO_3(g)\rightleftharpoons2SO_2(g)+O_2(g)$$

معادلهٔ ثابت تعادل واکنش به‌صورت مقابل است:

$$K=\frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2}=\frac{(n_{SO_2})^2\times n_{O_2}}{(n_{SO_3})^2}\times V^{-(3-2)}$$

با توجه به شیب منحنی‌های داده شده می‌توان نتیجه گرفت که منحنی نزولی مربوط به گاز SO_3 و منحنی صعودی مربوط به گاز O_2 است و اگر منحنی SO_2 نیز رسم می‌شد، شیب آن دو برابر شیب منحنی گاز O_2 می‌بود و مقدار مول تعادلی آن ۲ برابر O_2 می‌شد. با توجه به توضیحات ارائه شده می‌توانیم به رابطهٔ زیر برسیم:

$$0/45=\frac{(1/2)^2\times(0/6)}{(0/8)^2}\times\frac{1}{V}\Rightarrow V=3L$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه ۰/۶ مول O_2 تولید شده، پس طی واکنش ۱/۲ مول SO_3 مصرف شده است و مقدار مول اولیهٔ SO_3 برابر ۲ است. بنابراین:

$$?\,g\,SO_3(\text{اولیه})=2mol\,SO_3\times\frac{80g\,SO_3}{1mol\,SO_3}=160g\,SO_3$$

۱۵ ۲ pH آب در دمای اتاق برابر ۷ است، پس pH محلول بازی باید به ۱۰/۵ برسد. ابتدا غلظت OH^- را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=1/5\times7=10/5$$

$$pH=10/5\xrightarrow{pH+pOH=14}pOH=3/5\Rightarrow[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-3/5}=10^{0/5}\times10^{-4}=10^{\log3}\times10^{-4}=3\times10^{-4}\,mol.L^{-1}$$

با توجه به اینکه BOH باز ضعیف است و $K_b<10^{-3}$ داریم:

$$K_b=\frac{[OH^-]^2}{M}\Rightarrow9\times10^{-6}=\frac{(3\times10^{-4})^2}{M}\Rightarrow M=10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

اکنون جرم BOH حل شده در ۲۰۰ میلی‌لیتر آب را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,BOH=0/2L\,\text{محلول}\times\frac{10^{-2}\,mol\,BOH}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{200g\,BOH}{1mol\,BOH}=0/4g\,BOH$$

۱۶ ۲ غلظت هر یک از محلول‌های اسیدی و بازی را محاسبه می‌کنیم:

$$KOH:pH=12/3\xrightarrow{pH+pOH=14}pOH=1/7\Rightarrow[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-1/7}=10^{0/3}\times10^{-2}=10^{\log2}\times10^{-2}=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$\xrightarrow{[OH^-]=M}M_b=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

بنزوئیک اسید: $pH=3/3\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-3/3}=10^{0/7}\times10^{-4}=10^{\log5}\times10^{-4}=5\times10^{-4}\,mol.L^{-1}\xrightarrow{[H^+]=M\alpha}5\times10^{-4}=M_a\times10^{-2}$

$$\Rightarrow M_a=5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

با استفاده از رابطهٔ خنثی‌سازی داریم:

$$M_a.V_a.n_a=M_b.V_b.n_b\Rightarrow5\times10^{-2}\times V_a\times1=2\times10^{-2}\times250\times1\Rightarrow V_a=100\,mL$$

۱۷ ۴ ابتدا برای هر محلول حاصل M.V.n را محاسبه می‌کنیم:

$$Ba(OH)_2:M_b.V_b.n_b=0/04\times0/2\times2=16\times10^{-3}$$

$$HNO_3:pH=1/4\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/4}=10^{0/6}\times10^{-2}=10^{\log4}\times10^{-2}=4\times10^{-2}\,mol.L^{-1}\xrightarrow{[H^+]=M}M_a=4\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$\Rightarrow M_a.V_a.n_a=4\times10^{-2}\times0/3\times1=12\times10^{-3}$$

با توجه به اینکه $M_a.V_a.n_a < M_b.V_b.n_b$ است، پس محلول نهایی بازی است و داریم:

$$[OH^-]_{\text{نهایی}} = \frac{(M_b.V_b.n_b)-(M_a.V_a.n_a)}{V_b+V_a} = \frac{۰/۰۱۶-۰/۰۱۲}{۰/۲+۰/۳} = ۸\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

اکنون pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$pOH = -\log[OH^-] = -\log(۸\times۱۰^{-۳}) = ۳-\log ۸ = ۲/۱ \xrightarrow{pH+pOH=۱۴} pH = ۱۱/۹$$

۱۸ **۲** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$CaO(s)+۲HCl(aq) \rightarrow CaCl_۲(aq)+H_۲O(l)$$

ابتدا غلظت اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=۰ \Rightarrow [H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{۰}=۱\ mol.L^{-۱} \xrightarrow{[H^+]=M} M=۱\ mol.L^{-۱}$$

سپس حجم اسید مصرفی را به‌دست می‌آوریم:

$$?\ L\ HCl = ۲۰۰g\ CaO\ \text{ناخالص} \times \frac{۷۰g\ CaO\ \text{خالص}}{۱۰۰g\ CaO\ \text{ناخالص}} \times \frac{۱\ mol\ CaO}{۵۶g\ CaO} \times \frac{۲mol\ HCl}{۱\ mol\ CaO} \times \frac{۱\ L\ HCl}{۱\ mol\ HCl} = ۵\ L\ HCl$$

۱۹ **۲** در اثر حل شدن $N_۲O_۵$ در آب، مطابق معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش مقابل، نیتریک اسید $(HNO_۳)$ تولید می‌شود:

$$N_۲O_۵(s)+H_۲O(l) \rightarrow ۲HNO_۳(aq)$$

ابتدا غلظت کلسیم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=۱۲/۷ \xrightarrow{pH+pOH=۱۴} pOH=۱/۳ \Rightarrow [OH^-]=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۱/۳}=۱۰^{۰/۷}\times۱۰^{-۲}=۱۰^{\log ۵}\times۱۰^{-۲}=۵\times۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

$$\xrightarrow{[OH^-]=Mn} ۵\times۱۰^{-۲}=M_b\times۲ \Rightarrow M_b=۲۵\times۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

سپس با استفاده از رابطهٔ خنثی‌سازی، غلظت اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$M_a.V_a.n_a = M_b.V_b.n_b \Rightarrow M_a\times۰/۲\times۱ = ۲۵\times۱۰^{-۳}\times۰/۰۸\times۲ \Rightarrow M_a = ۲\times۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

اکنون جرم $N_۲O_۵$ حل‌شده در آب را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ g\ N_۲O_۵ = ۲L\ HNO_۳ \times \frac{۲\times۱۰^{-۲}\ mol\ HNO_۳}{۱\ L\ HNO_۳} \times \frac{۱\ mol\ N_۲O_۵}{۲\ mol\ HNO_۳} \times \frac{۱۰۸g\ N_۲O_۵}{۱\ mol\ N_۲O_۵} = ۲/۱۶\ g\ N_۲O_۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول اسید} \times \text{ضریب}} = \frac{N_۲O_۵\ \text{گرم}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{۱\times۱۰۸} = \frac{۲\times۰/۰۲}{۲} \Rightarrow x = ۲/۱۶\ gN_۲O_۵$$

۲۰ **۲** ابتدا مقدار مول اولیهٔ اسید معده را محاسبه می‌کنیم:

$$?\ mol\ HCl = ۳L\ HCl \times \frac{۰/۰۳mol\ HCl}{۱\ L\ HCl} = ۰/۰۹\ mol\ HCl$$

جوش شیرین $(NaHCO_۳)$ با اسید معده به‌صورت مقابل واکنش می‌دهد:

$$NaHCO_۳(s)+HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq)+CO_۲(g)+H_۲O(l)$$

سپس مقدار مول HCl مصرفی را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ mol\ HCl = ۱۵g\ \text{دارو} \times \frac{۱۶/۸g\ NaHCO_۳}{۱۰۰g\ \text{دارو}} \times \frac{۱\ mol\ NaHCO_۳}{۸۴g\ NaHCO_۳} \times \frac{۱\ mol\ HCl}{۱\ mol\ NaHCO_۳} = ۰/۰۳mol\ HCl$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}}{\text{جرم سدیم هیدروژن کربنات} \times \frac{P}{۱۰۰}} = \frac{\text{مول HCl}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۱۵\times\frac{۱۶/۸}{۱۰۰}}{۱\times۸۴} = \frac{x}{۱} \Rightarrow x = ۰/۰۳\ mol\ HCl$$

اکنون غلظت نهایی شیرهٔ معده و pH آن را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۰۹-۰/۰۳(mol)}{۳(L)}=۰/۰۲\ mol.L^{-۱}$$

$$pH=-\log[H^+]=-\log(۲\times۱۰^{-۲})=۲-\log ۲=۲-۰/۳=۱/۷$$

فصل هفتم: آزمون جامع ۲

۱ **۲** ابتدا بررسی می‌کنیم که از ۲۰۰ گرم اسید HA، چند مولکول از آن در ۴۰۰۰ گرم آب حل می‌شود.

$$?\ molecule\ HA\ (\text{حل‌شده}) = ۴۰۰۰g\ H_۲O \times \frac{۳/۶g\ HA}{۱۰۰g\ H_۲O} \times \frac{۱\ mol\ HA}{۴۸g\ HA} \times \frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\ molecule\ HA}{۱\ mol\ HA} = ۱۸/۰۶\times۱۰^{۲۳}\ molecule\ HA$$

از آنجا که هر مولکول HA که یونیده می‌شود ۲ یون A^- و H^+ را تولید می‌کند، پس تعداد یون‌های H^+ برابر است با:

$$H^+ \text{ تعداد یون‌های} = \frac{\text{تعداد کل یون‌ها}}{۲} = \frac{۵/۴۱۸\times۱۰^{۲۲}}{۲} = ۲/۷۰۹\times۱۰^{۲۲}\ ion\ H^+$$

درصد یونش برابر است با:

$$٪\alpha = \frac{H^+ \text{ تعداد یون‌های}}{\text{تعداد مولکول‌های حل‌شده HA}} \times ۱۰۰ = \frac{۲/۷۰۹\times۱۰^{۲۲}}{۱۸/۰۶\times۱۰^{۲۳}} \times ۱۰۰ = ٪۱/۵$$

۲ ۴ ابتدا مقدار مول اولیه Cl_2 و مقدار مول تعادلی $NOCl$ را محاسبه می‌کنیم: مول اولیهٔ Cl_2 :

$$?\,mol\,Cl_2=۱۴۲g\,Cl_2\times\frac{۱\,mol\,Cl_2}{۷۱\,g\,Cl_2}=۲\,mol\,Cl_2$$

مول تعادلی $NOCl$:

$$?\,mol\,NOCl=۱۶۳/۷۵g\,NOCl\times\frac{۱\,mol\,NOCl}{۶۵/۵\,g\,NOCl}=۲/۵\,mol\,NOCl$$

سپس جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

$$۲NO(g)+Cl_2(g)\rightleftharpoons ۲NOCl(g)$$

مول اولیه	۳	۲	۰
تغییر مول	$-۲x$	$-x$	$+۲x$
مول تعادلی	$۳-۲x$	$۲-x$	$۲x$

اکنون با استفاده از مقدار مول تعادلی $NOCl$ ، x را محاسبه می‌کنیم:

$$۲x=۲/۵\Rightarrow x=۱/۲۵$$

سپس ثابت تعادل واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$K=\frac{[NOCl]^2}{[NO]^2[Cl_2]}=\frac{n^2_{NOCl}}{n^2_{NO}\times n_{Cl_2}}\times V^{-(۲-۳)}=\frac{(۲/۵)^2}{(۰/۵)^2\times(۰/۷۵)}\times ۱/۵=۵۰$$

اکنون سرعت متوسط مصرف Cl_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$\overline{R}(Cl_2)=\frac{-\Delta n(Cl_2)}{V\Delta t}=\frac{۱/۲۵mol}{۱/۵L\times\frac{۸۰}{۶۰}\,min}=۰/۶۲۵\,mol.L^{-۱}.min^{-۱}$$

۳ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش پتاسیم با آب:

$$۲K(s)+۲H_2O(l)\rightarrow ۲KOH(aq)+H_2(g)$$

ابتدا جرم گاز H_2 تولید شده را محاسبه می‌کنیم:

$$\overline{R}(H_2)=\frac{\Delta m(H_2)}{\Delta t}\Rightarrow ۰/۰۳g.min^{-۱}=\frac{x}{\frac{۴۰}{۶۰}\,min}\Rightarrow x=۰/۰۲g\,H_2$$

سپس مقدار مول OH^- حاصل از تولید KOH را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,OH^-=۰/۰۲g\,H_2\times\frac{۱\,mol\,H_2}{۲g\,H_2}\times\frac{۲\,mol\,KOH}{۱\,mol\,H_2}\times\frac{۱\,mol\,OH^-}{۱\,mol\,KOH}=۰/۰۲\,mol\,OH^-$$

اکنون غلظت OH^- و pH محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$[OH^-]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۰۲\,mol}{۰/۵\,L}=۰/۰۴\,mol.L^{-۱}$$

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log(۴\times۱۰^{-۲})=۲-\log ۴=۱/۴\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pH=۱۴-۱/۴=۱۲/۶$$

۴ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش MgO و HBr به‌صورت مقابل است:

$$MgO(s)+۲HBr(aq)\rightarrow MgBr_2(aq)+H_2O(l)$$

ابتدا غلظت محلول HBr را محاسبه می‌کنیم و سپس مقدار مول MgO مصرف شده را به‌دست می‌آوریم:

$$pH=۰/۷\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۰/۷}=۱۰^{۰/۳}\times۱۰^{-۱}=۱۰^{\log ۲}\times۱۰^{-۱}=۲\times۱۰^{-۱}\,mol.L^{-۱}\xrightarrow{[H^+]=M}M_{HBr}=۲\times۱۰^{-۱}\,mol.L^{-۱}$$

$$?\,mol\,MgO=۰/۴L\,HBr\times\frac{۲\times۱۰^{-۱}\,mol\,HBr}{۱\,L\,HBr}\times\frac{۱\,mol\,MgO}{۲\,mol\,HBr}=۰/۰۴\,mol\,MgO$$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تعادلی $MgCO_3(s)\rightleftharpoons MgO(s)+CO_2(g)$ ، می‌توان نتیجه گرفت که در تعادل، مقدار مول‌های MgO و CO_2 برابر هستند و ثابت تعادل واکنش به‌صورت $K=[CO_2]$ است.

$$K=[CO_2]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۰۴mol}{۲L}=۰/۰۲\,mol.L^{-۱}$$

۵ ۳ ابتدا غلظت OH^- را در حالت اول محاسبه می‌کنیم:

$$pH=۱۰/۷\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pOH=۳/۳\Rightarrow[OH^-]=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۳/۳}=۱۰^{۰/۷}\times۱۰^{-۴}=۱۰^{\log ۵}\times۱۰^{-۴}=۵\times۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}$$

غلظت یون‌های روی برابر است با:

$$[Zn^{۲+}][OH^-]^2=۵\times۱۰^{-۱۶}\Rightarrow[Zn^{۲+}][۵\times۱۰^{-۴}]^2=۵\times۱۰^{-۱۶}\Rightarrow[Zn^{۲+}]=۲\times۱۰^{-۹}\,mol.L^{-۱}$$

اگر غلظت یون‌های روی را ۴×۱۰^4 برابر کنیم:

$$[Zn^{۲+}]_{جدید}=۲\times۱۰^{-۹}\times۴\times۱۰^4=۸\times۱۰^{-۵}\,mol.L^{-۱}$$

سپس غلظت یون هیدروکسید را در حالت جدید محاسبه می‌کنیم:

$$[Zn^{۲+}][OH^-]^2=۵\times۱۰^{-۱۶}\Rightarrow(۸\times۱۰^{-۵})[OH^-]^2=۵\times۱۰^{-۱۶}\Rightarrow[OH^-]_{جدید}=۲/۵\times۱۰^{-۶}$$

اکنون pH محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log(۲/۵\times۱۰^{-۶})=-\log(۲۵\times۱۰^{-۷})=۷-۲\log ۵=۷-۲(۰/۷)=۵/۶$$

$$\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pH=۱۴-۵/۶=۸/۴$$

۶ ۲ **قسمت اول:** ابتدا جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

$$CO(g)+H_2O(g)\rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$$

مول اولیه	۴	۴	۰	۰
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$۴-x$	$۴-x$	x	x

$$K=\frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}=\frac{n_{CO_2}\times n_{H_2}}{n_{CO}\times n_{H_2O}}\times V^{-(۲-۲)}\Rightarrow ۹=\frac{x^2}{(۴-x)^2}$$

$$\xrightarrow[\text{جذر می‌گیریم}]{\text{از طرفین تساوی}} ۳=\frac{x}{۴-x}\Rightarrow x=۱۲-۳x\Rightarrow ۴x=۱۲\Rightarrow x=۳$$

با استفاده از رابطهٔ سرعت متوسط برای کربن دی‌اکسید داریم:

$$R(CO_2)=\frac{\Delta n(CO_2)}{V\Delta t}\Rightarrow ۱۲۵\times ۱۰^{-۴}=\frac{۳mol}{۲L\times \Delta t}\Rightarrow \Delta t=۱۲۰s=۲\,min$$

قسمت دوم: بازده درصدی واکنش را می‌توان با توجه به واکنش‌دهنده‌ها، برای نمونه CO، به سادگی به‌دست آورد:

$$\text{بازده درصدی}=\frac{\text{مول مصرفی } CO}{\text{مول اولیهٔ } CO}\times ۱۰۰=\frac{۳}{۴}\times ۱۰۰=٪۷۵$$

۷ ۱ ابتدا غلظت اولیهٔ استیک اسید را با استفاده از فرمول مقابل محاسبه می‌کنیم:

$$M=\frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times ۱۰}{\text{جرم مولی}}=\frac{۱۰\times ۱۵\times ۱/۲}{۶۰}=۳\ mol.L^{-۱}$$

سپس غلظت H^+ این محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$pH=۲/۲\Rightarrow [H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۲/۲}=۱۰^{۰/۳}\times ۱۰^{۰/۵}\times ۱۰^{-۳}=۱۰^{\log ۲}\times ۱۰^{\log ۳}\times ۱۰^{-۳}=۶\times ۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱},\quad \alpha=\frac{[H^+]}{M}=\frac{۶\times ۱۰^{-۳}}{۳}=۰/۰۰۲$$

اکنون ثابت یونش اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$\alpha<۰/۰۵\Rightarrow K_a=\frac{[H^+]^2}{M}=\frac{(۶\times ۱۰^{-۳})^2}{۳}=۱/۲\times ۱۰^{-۵}$$

۸ ۴ ابتدا با استفاده از انحلال‌پذیری، درصد جرمی این باز را محاسبه می‌کنیم. انحلال‌پذیری باز برابر ۱۰ گرم است، یعنی ۱۰ گرم باز در ۱۰۰ گرم آب حل شده و ۱۱۰ گرم محلول سیر شده تولید می‌کند.

$$\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰۰=\frac{۱۰}{۱۰۰+۱۰}\times ۱۰۰=٪\frac{۱۰۰}{۱۱}$$

سپس با استفاده از فرمول مقابل، غلظت مولی این باز را محاسبه می‌کنیم:

$$M=\frac{\text{چگالی}\times\text{درصد جرمی}\times ۱۰}{\text{جرم مولی}}=\frac{۱۰\times\frac{۱۰۰}{۱۱}\times ۱/۱}{۸۰}=۱/۲۵\ mol.L^{-۱}$$

اکنون غلظت OH^- را با استفاده از M و α محاسبه کرده و pH محلول را به‌دست می‌آوریم:

$$[OH^-]=Mn\alpha\Rightarrow [OH^-]=۱/۲۵\times ۰/۴\times ۱۰^{-۲}=۵\times ۱۰^{-۳}\ mol.L^{-۱}$$

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log(۵\times ۱۰^{-۳})=۳-\log ۵=۳-۰/۷=۲/۳\xrightarrow{pH+pOH=۱۴} pH=۱۴-۲/۳=۱۱/۷$$

۹ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های انجام شده به‌صورت مقابل است:

$$C_{۱۵}H_{۲۹}COOH(s)+NaOH(aq)\rightarrow C_{۱۵}H_{۲۹}COONa(aq)+H_2O(l)$$

$$۲C_{۱۵}H_{۲۹}COONa(aq)+MgCl_2(aq)\rightarrow (C_{۱۵}H_{۲۹}COO)_2Mg(s)+۲NaCl(aq)$$

ابتدا مقدار مول مصرف شدهٔ سدیم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\ NaOH=۲۱۲g\,(C_{۱۵}H_{۲۹}COO)_2Mg\times\frac{۱\,mol\,(C_{۱۵}H_{۲۹}COO)_2Mg}{۵۳۰g\,(C_{۱۵}H_{۲۹}COO)_2Mg}\times\frac{۲\,mol\,C_{۱۵}H_{۲۹}COONa}{۱\,mol\,(C_{۱۵}H_{۲۹}COO)_2Mg}\times\frac{۱\,mol\,NaOH}{۱\,mol\,C_{۱۵}H_{۲۹}COONa}$$

$$=۰/۸mol\ NaOH$$

سپس غلظت محلول سدیم هیدروکسید و pH آن را به‌دست می‌آوریم:

$$[OH^-]=M=\frac{n}{V}=\frac{۰/۸mol}{۴L}=۰/۲\ mol.L^{-۱}$$

$$pOH=-\log[OH^-]=-\log(۰/۲)=۱-\log ۲=۰/۷\xrightarrow{pH+pOH=۱۴} pH=۱۴-۰/۷=۱۳/۳$$

۱۰ ۲ ابتدا غلظت OH^- را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=۹/۳\xrightarrow{pH+pOH=۱۴} pOH=۱۴-۹/۳=۴/۷$$

$$[OH^-]=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۴/۷}=۱۰^{۰/۳}\times ۱۰^{-۵}=۱۰^{\log ۲}\times ۱۰^{-۵}=۲\times ۱۰^{-۵}\ mol.L^{-۱}$$

سپس با استفاده از رابطهٔ غلظت یون‌ها داریم:

$$[Mg^{۲+}][OH^-]^2=۲\times ۱۰^{-۱۱}\Rightarrow [Mg^{۲+}][۲\times ۱۰^{-۵}]^2=۲\times ۱۰^{-۱۱}\Rightarrow [Mg^{۲+}]=۵\times ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

در ادامه با توجه به معادلهٔ انحلال منیزیم سولفات خواهیم داشت:

$$MgSO_4(s)\rightarrow Mg^{۲+}(aq)+SO_4^{۲-}(aq)\Rightarrow [MgSO_4]=[Mg^{۲+}]=۵\times ۱۰^{-۲}\ mol.L^{-۱}$$

اکنون می‌توانیم جرمی از منیزیم سولفات که در یک لیتر از محلول مورد نظر حل می‌شود را به‌دست آوریم:

$$?\frac{g\ MgSO_4}{۱L\ \text{محلول}}=۵\times ۱۰^{-۲}\frac{mol\ MgSO_4}{۱L\ \text{محلول}}\times\frac{۱۲۰g\ MgSO_4}{۱mol\ MgSO_4}=۶\frac{g\ MgSO_4}{۱L\ \text{محلول}}$$

فصل هفتم: آزمون جامع ۳

۱ ۳ درجهٔ یونش اسید در هر دو محلول بیش از ۰/۰۵ است و در مخرج کسر رابطهٔ K_a نمی‌توانیم از α صرف‌نظر کنیم. ثابت یونش اسیدها فقط به دما بستگی دارد، پس K_a برای یک اسید در دمای معین، ثابت است. از این رو ابتدا با مساوی قرار دادن K_a محلول‌های اسید، رابطهٔ بین غلظت‌ها را پیدا می‌کنیم:

$$K_a=\frac{M_1\alpha_1^2}{1-\alpha_1}=\frac{M_2\alpha_2^2}{1-\alpha_2}\Rightarrow\frac{M_1(0/1)^2}{1-0/1}=\frac{M_2(0/2)^2}{1-0/2}\Rightarrow M_1=\frac{9}{2}M_2$$

سپس غلظت محلول حاصل را برحسب غلظت محلول دوم (M_2) محاسبه می‌کنیم:

$$M_{\text{نهایی}}=\frac{M_1V_1+M_2V_2}{V_1+V_2}=\frac{\frac{9}{2}M_2\times2+M_2\times3}{2+3}=\frac{12M_2}{5}$$

برای یافتن درجهٔ یونش محلول حاصل، K_a آن و محلول دوم را برابر یکدیگر قرار می‌دهیم:

$$K_a=\frac{M_2\alpha_2^2}{1-\alpha_2}=\frac{M_{\text{نهایی}}\alpha_{\text{نهایی}}^2}{1-\alpha_{\text{نهایی}}}\Rightarrow\frac{M_2(0/2)^2}{1-0/2}=\frac{(\frac{12M_2}{5})\alpha_{\text{نهایی}}^2}{1-\alpha_{\text{نهایی}}}\Rightarrow\frac{0/04}{0/8}=\frac{\frac{12}{5}\alpha_{\text{نهایی}}^2}{1-\alpha_{\text{نهایی}}}$$

$$\Rightarrow0/05-0/05\alpha_{\text{نهایی}}=\frac{12}{5}\alpha_{\text{نهایی}}^2\Rightarrow2/4\alpha_{\text{نهایی}}^2+0/05\alpha_{\text{نهایی}}-0/05=0\Rightarrow\alpha_{\text{نهایی}}\simeq0/134$$

۱ ۲ ابتدا غلظت H^+ را در محلول نهایی محاسبه می‌کنیم:

$$pH_{\text{نهایی}}=0/7\Rightarrow[H^+]_{\text{نهایی}}=10^{-pH}=10^{-0/7}=10^{0/3}\times10^{-1}=10^{\log2}\times10^{-1}=0/2\,mol.L^{-1}$$

تعداد مول OH^- حاصل از اضافه کردن $Ba(OH)_2$ به محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,OH^-=10/26\,g\,Ba(OH)_2\times\frac{1\,mol\,Ba(OH)_2}{171\,g\,Ba(OH)_2}\times\frac{2\,mol\,OH^-}{1\,mol\,Ba(OH)_2}=0/12\,mol\,OH^-$$

سپس تعداد مول H^+ اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{\text{نهایی}}=\frac{\text{تعداد مول }H^+-\text{تعداد مول }OH^-}{\text{حجم محلول}}\Rightarrow0/2=\frac{x-0/12}{0/35+0/05}\Rightarrow x=0/2\,mol\,H^+$$

در ادامه غلظت نیتریک اسید در محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$M=\frac{n}{V}=\frac{0/2\,mol}{0/05\,L}=4\,mol.L^{-1}$$

اکنون با استفاده از فرمول زیر، چگالی محلول اولیه را به‌دست می‌آوریم:

$$M=\frac{10\times\text{درصد جرمی}\times\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow4=\frac{10\times20\times d}{63}\Rightarrow d=1/26\,g.mL^{-1}$$

۲ ۳ معادلهٔ موازنه شده واکنش به‌صورت مقابل است:

$$Mg(OH)_2(aq)+2HCl(aq)\rightarrow MgCl_2(aq)+2H_2O(l)$$

ابتدا مقدار مول اولیهٔ H^+ موجود در شیرهٔ معده را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=1/7\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/7}=10^{0/3}\times10^{-2}=10^{\log2}\times10^{-2}=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$?\,mol\,H^+\text{اولیه}=2L\,\text{شیرهٔ معده}\times\frac{2\times10^{-2}\,mol\,H^+}{1\,L\,\text{شیرهٔ معده}}=4\times10^{-2}\,mol\,H^+$$

سپس مقدار مول نهایی H^+ موجود در شیرهٔ معده بعد از مصرف دارو را محاسبه می‌کنیم: (با مصرف داروی ضد اسید، حجم محتویات معده به $2/5L\,(2+0/5)$ می‌رسد.)

$$pH=3\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-3}\,mol.L^{-1},\quad ?\,mol\,H^+\text{ثانویه}=2/5L\,\text{شیرهٔ معده}\times\frac{10^{-3}\,mol\,H^+}{1\,L\,\text{شیرهٔ معده}}=2/5\times10^{-3}\,mol\,H^+$$

اکنون با استفاده از مقدار مول‌های اولیه و نهایی H^+، مقدار HCl مصرف شده را محاسبه می‌کنیم و جرم Mg^{2+} را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مقدار مول }H^+\text{ یا }HCl\text{ مصرف شده}=4\times10^{-2}-2/5\times10^{-3}=0/0375\,mol\,HCl$$

$$?\,g\,Mg^{2+}=0/0375\,mol\,HCl\times\frac{1\,mol\,Mg(OH)_2}{2\,mol\,HCl}\times\frac{1\,mol\,Mg^{2+}}{1\,mol\,Mg(OH)_2}\times\frac{24\,g\,Mg^{2+}}{1\,mol\,Mg^{2+}}=0/45\,g\,Mg^{2+}$$

$$\text{جرم محلول دارو}=500mL\,\text{محلول}\times\frac{1\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}=500\,g\,\text{محلول}$$

غلظت ppm یون Mg^{2+} برابر است با:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6=\frac{0/45}{500}\times10^6=900\,ppm$$

۴ ۳ ابتدا شمار مول H^+ موجود در شیرهٔ معده را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=۲\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱},\quad M=\frac{n}{V}\Rightarrow n=MV=۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}\times ۲L=۲\times ۱۰^{-۲}\,molH^+$$

براساس واکنش هر یک از ضد اسیدها با اسید معده، مقدار یون هیدرونیومی (H^+) که یک قرص می‌تواند خنثی کند را محاسبه می‌کنیم:

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش منیزیم هیدروکسید با اسید معده:

$$Mg(OH)_۲(s)+۲HCl(aq)\rightarrow MgCl_۲(aq)+۲H_۲O(l)$$

$$?\,mol\,H^+=۰/۵g\,\text{دارو}\times\frac{۷/۲۵g\,Mg(OH)_۲}{۱۰۰g\,\text{دارو}}\times\frac{۱\,mol\,Mg(OH)_۲}{۵۸g\,Mg(OH)_۲}\times\frac{۲\,mol\,HCl}{۱\,mol\,Mg(OH)_۲}\times\frac{۱\,mol\,H^+}{۱\,mol\,HCl}=۱/۲۵\times۱۰^{-۳}\,mol\,H^+$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش آلومینیم هیدروکسید با اسید معده:

$$Al(OH)_۳(s)+۳HCl(aq)\rightarrow AlCl_۳(aq)+۳H_۲O(l)$$

$$?\,mol\,H^+=۰/۵g\,\text{دارو}\times\frac{۱۹/۵g\,Al(OH)_۳}{۱۰۰g\,\text{دارو}}\times\frac{۱\,mol\,Al(OH)_۳}{۷۸g\,Al(OH)_۳}\times\frac{۳mol\,HCl}{۱\,mol\,Al(OH)_۳}\times\frac{۱\,mol\,H^+}{۱\,mol\,HCl}=۳/۷۵\times۱۰^{-۳}\,mol\,H^+$$

پس هر قرص به جرم ۰/۵ گرم می‌تواند ۵×۱۰^{-۳} $(۱/۲۵\times۱۰^{-۳}+۳/۷۵\times۱۰^{-۳})$ مول H^+ را خنثی کند. اکنون تعداد قرص‌های لازم را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,\text{قرص}=۲\times۱۰^{-۲}\,mol\,H^+\times\frac{\text{قرص }۱}{۵\times۱۰^{-۳}\,mol\,H^+}=\text{قرص}۴$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{۰/۵\times۷/۲۵\times۲}{۱۰۰\times۵۸}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{۰/۵\times۷/۲۵\times\cancel{۲}}{۱۰۰\times\cancel{۵۸}_{۲۹}}\xrightarrow[\text{ساده‌سازی}]{\text{دسته‌بندی و}}\frac{۵\times\overset{۲۵}{\cancel{۷۲۵}}}{\cancel{۲۹}}\times\frac{۱۰^{-۳}}{۱۰^{۲}}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}۱/۲۵\times۱۰^{-۳}$$

۵ ۴ ابتدا غلظت محلول سدیم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=۱۲\xrightarrow{pH+pOH=۱۴}pOH=۲\Rightarrow[OH^-]=۱۰^{-pOH}=۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}\xrightarrow{[OH^-]=M}M=۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}$$

دقت کنید که هنگام اضافه کردن کافئیک اسید $(C_۹H_۸O_۴)$ به محلول سدیم هیدروکسید، ابتدا مقداری از آن صرف خنثی شدن این محلول می‌شود و سپس اسید باقی‌مانده شروع به حل شدن در محلول می‌کند. پس دو مقدار را باید محاسبه کنیم. یکی مقداری که باعث خنثی شدن محلول بازی می‌شود و دیگری، مقداری که حل می‌شود. ابتدا مقدار اسید لازم برای خنثی کردن سدیم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم. اگر فرمول اسید را HA فرض کنیم، خواهیم داشت:

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش خنثی شدن:

$$HA+NaOH\rightarrow NaA+H_۲O$$

$$?\,g\,HA=۲L\,\text{محلول NaOH}\times\frac{۱۰^{-۲}\,mol\,NaOH}{۱\,L\,\text{محلول NaOH}}\times\frac{۱\,mol\,HA}{۱\,mol\,NaOH}\times\frac{۱۸۰\,g\,HA}{۱\,mol\,HA}=۳/۶g\,HA$$

اکنون مقدار اسیدی که در ۲ لیتر محلول (به تقریب ۲۰۰۰ گرم آب) حل می‌شود را محاسبه می‌کنیم: (انحلال‌پذیری کافئیک اسید در دمای اتاق برابر ۰/۰۲ گرم در ۱۰۰ گرم آب است.)

$$?\,g\,HA=۲۰۰۰g\,\text{آب}\times\frac{۰/۰۲g\,HA}{۱۰۰g\,\text{آب}}=۰/۴g\,HA$$

پس در مجموع $۴g$ $(۳/۶+۰/۴)$ کافئیک اسید در این محلول حل می‌شود.

۶ ۲ فرمول پاک‌کنندهٔ غیرصابونی را $C_nH_{۲n+۱}C_۶H_۴SO_۳M$ و فرمول پاک‌کنندهٔ صابونی را $C_mH_{۲m+۱}COOM$ در نظر می‌گیریم:

$$\left.\begin{array}{l}\text{جرم مولی پاک کنندهٔ غیرصابونی}=۱۴n+۱۵۷+M\\ \text{جرم مولی پاک کنندهٔ صابونی}=۱۴m+۴۵+M\end{array}\right\}\Rightarrow ۱۴n+۱۵۷+M-(۱۴m+۴۵+M)=۱۵۴\Rightarrow ۱۴n-۱۴m=۴۲\qquad (I)$$

نسبت تعداد اتم‌های کربن به اکسیژن در هر دو ترکیب برابر است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{n+۶}{۳}=\frac{m+۱}{۲}\Rightarrow ۲n+۱۲=۳m+۳\Rightarrow ۳m-۲n=۹\qquad (II)$$

اکنون با توجه به معادله‌های (I) و (II)، مقدار n و m را محاسبه می‌کنیم:

$$\xrightarrow{(I),(II)}\begin{cases}۱۴n-۱۴m=۴۲\\ ۳m-۲n=۹\end{cases}\Rightarrow n=۱۸,m=۱۵$$

پس تعداد اتم‌های کربن بخش ناقطبی پاک‌کنندهٔ صابونی برابر ۱۵ است.

۷ ۱ ابتدا مقدار مول اولیهٔ کلسیم کربنات را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,CaCO_۳=۲۵g\,CaCO_۳\times\frac{۱\,mol\,CaCO_۳}{۱۰۰g\,CaCO_۳}=۰/۲۵mol\,CaCO_۳$$

جدول تغییر مول واکنش تعادلی را رسم می‌کنیم:

$$CaCO_۳(s)\rightleftharpoons CaO(s)+CO_۲(g)$$

مول اولیه	۰/۲۵	۰	۰
تغییر مول	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$۰/۲۵-x$	x	x

کاهش جرم مواد جامد مربوط به تولید گاز $CO_۲$ است، پس مقدار مول $CO_۲$ برابر است با:

$$?\,mol\,CO_۲=۲۵g\,\text{مواد جامد}\times\frac{۸/۸g\,CO_۲}{۱۰۰g\,\text{مواد جامد}}\times\frac{۱\,mol\,CO_۲}{۴۴g\,CO_۲}=۰/۰۵mol\,CO_۲$$

ثابت تعادل واکنش برابر است با:

$$K=[CO_۲]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۰۵mol}{۵L}=۰/۰۱$$

مواد جامد موجود در ظرف واکنش طبق معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های مقابل، $HCl(aq)$ را خنثی می‌کنند:

$$CaO(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+H_2O(l) \qquad CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$$

همان‌طور که مشخص است هر مول از کلسیم اکسید و هر مول از کلسیم کربنات می‌توانند ۲ مول HCl را خنثی کنند. پس x مول کلسیم اکسید $2x$ مول HCl و $(0/25-x)$ مول کلسیم کربنات $(0/5-2x)$ مول HCl را خنثی می‌کند. پس مجموع شمار مول‌های HCl خنثی شده برابر است با:

$$\text{مجموع شمار مول‌های HCl خنثی شده}=2x+(0/5-2x)=0/5\,mol$$

با توجه به pH محلول HCl، غلظت آن برابر است با:

$$pH=0/7\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-0/7}=10^{0/3}\times10^{-1}=10^{\log 2}\times10^{-1}=0/2\,mol.L^{-1}\xrightarrow{[H^+]=M}M=0/2mol.L^{-1}$$

پس حجم HCl برابر است با:

$$M=\frac{n}{V}\Rightarrow 0/2mol.L^{-1}=\frac{0/5\,(mol)}{V(L)}\Rightarrow V=2/5L$$

۸ ۲ قسمت اول: ابتدا مقدار مول اولیهٔ گازهای HA و HB را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\ \text{گاز}=22/4L\ \text{گاز}\times\frac{1\,mol\ \text{گاز}}{22/4L\ \text{گاز}}=1\,mol\ \text{گاز}$$

مجموع غلظت مولی گازهای حل‌شده در یک لیتر محلول برابر است با:

$$M=\frac{n}{V}=\frac{1\,mol}{1L}=1\,mol.L^{-1}$$

پس غلظت مولی HA را x مول بر لیتر و غلظت مولی HB را $(1-x)$ مول بر لیتر در نظر می‌گیریم و غلظت یون هیدرونیوم حاصل از هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

اسید HA:

$$\alpha=0/2\Rightarrow[H^+]_{HA}=M_{HA}\alpha_{HA}=0/2x$$

اسید HB:

$$\alpha=0/4\Rightarrow[H^+]_{HB}=M_{HB}\alpha_{HB}=0/4(1-x)=0/4-0/4x$$

با توجه به pH محلول، غلظت یون H^+ را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=0/45\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-0/45}=10^{0/85}\times10^{0/7}\times10^{-2}=10^{\log 7}\times10^{\log 5}\times10^{-2}=0/35mol.L^{-1}$$

اکنون x را به‌دست می‌آوریم:

$$[H^+]_{HA}+[H^+]_{HB}=0/2x+0/4-0/4x=0/35\Rightarrow 0/2x=0/05\Rightarrow x=0/25$$

مجموع غلظت اولیه اسیدها برابر ۱ مول بر لیتر است، پس غلظت HA برابر $0/25\ mol.L^{-1}$ و غلظت HB برابر $0/75\ mol.L^{-1}$ است. با توجه به اینکه حجم محلول یک لیتر بوده و مجموع مقدار مول اولیه گازها برابر ۱ است، پس مخلوط اولیه شامل ۰/۲۵ مول HA و ۰/۷۵ مول HB بوده است. درصد مولی HA در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد مولی HA}=\frac{\text{مول HA}}{\text{مول کل}}\times100=\frac{0/25}{1}\times100=\%25$$

قسمت دوم: با توجه به اینکه غلظت مولی HB و HA به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۲۵ مول بر لیتر و درصد یونش آن‌ها به ترتیب برابر ۴۰٪ و ۲۰٪ است، خواهیم داشت:

$$\frac{K_a(HB)}{K_a(HA)}=\frac{\frac{M_{HB}(\alpha_{HB})^2}{1-\alpha_{HB}}}{\frac{M_{HA}(\alpha_{HA})^2}{1-\alpha_{HA}}}=\frac{\frac{0/75\times(0/4)^2}{1-0/4}}{\frac{0/25\times(0/2)^2}{1-0/2}}=\frac{0/8\times0/75\times(0/4)^2}{0/6\times0/25\times(0/2)^2}=16$$

۹ ۴ ابتدا غلظت H^+ محلول نهایی را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=1/5\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/5}=10^{0/5}\times10^{-2}=10^{\log 3}\times10^{-2}=3\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

سپس مقدار مول OH^- موجود در محلول KOH را به‌دست می‌آوریم:

$$pH=12\xrightarrow{pH+pOH=14}pOH=2\Rightarrow[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$M=\frac{n}{V}\Rightarrow n=MV=10^{-2}\times0/01=10^{-4}\,mol\,OH^-$$

در ادامه تعداد مول H^+ موجود در محلولی از HNO_3 که ۴۰ میلی‌لیتر حجم دارد را محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{\text{نهایی}}=\frac{\text{تعداد مول }H^+-\text{تعداد مول }OH^-}{\text{حجم کل}}\Rightarrow 3\times10^{-2}=\frac{x-10^{-4}}{0/05}\Rightarrow x=16\times10^{-4}\,molH^+$$

در ۴۰ میلی‌لیتر از محلول نیتریک اسید رقیق شده 16×10^{-4} مول H^+ وجود دارد، پس در ۲۰۰ میلی‌لیتر از محلول این اسید $5\times16\times10^{-4}$ مول H^+ داریم و این تعداد با تعداد مول H^+ در محلول اسید اولیه برابر است، پس:

$$[H^+]_{\text{اولیه}}=[HNO_3]_{\text{اولیه}}=M=\frac{\text{تعداد مول }H^+}{\text{حجم کل}}=\frac{5\times16\times10^{-4}}{0/02}=0/4mol.L^{-1}$$

۱۰ ۳ ابتدا غلظت مولی لاکتیک اسید $(C_3H_6O_3)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$M=\frac{\text{درصد جرمی}\times\text{چگالی}\times 10}{\text{جرم مولی}}=\frac{10\times 6\times 1/2}{90}=0/8 mol.L^{-1}$$

pH محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم. اسید ضعیف است و $K_a<10^{-3}$ پس:

$$[H^+]=\sqrt{K_a.M}=\sqrt{8\times10^{-5}\times0/8}=8\times10^{-3} mol.L^{-1},\quad pH_{\text{اولیه}}=-\log[H^+]=-\log(8\times10^{-3})=3-\log 8=2/1$$

غلظت سدیم هیدروکسید اضافه شده برابر است با:

$$pH=13/6 \xrightarrow{pH+pOH=14} pOH=0/4\Rightarrow[OH^-]=10^{-pOH}=10^{-0/4}=10^{0/6}\times10^{-1}=10^{\log 4}\times10^{-1}=0/4\ mol.L^{-1}$$

$$\xrightarrow{[OH^-]=M} M=0/4 mol.L^{-1}$$

حاصل $M.V.n$ را برای لاکتیک اسید و سدیم هیدروکسید محاسبه می‌کنیم: $M_a.V_a.n_a=0/8\times0/3\times1=0/24,\quad M_b.V_b.n_b=0/4\times0/3\times1=0/12$

با توجه به اینکه $M_b.V_b.n_b<M_a.V_a.n_a$ است، پس غلظت مولی لاکتیک اسید در محلول نهایی برابر است با:

$$M_{\text{اسید}}\text{ در محلول نهایی}=\frac{0/24-0/12}{0/3+0/3}=0/2 mol.L^{-1}$$

پس داریم:

$$[H^+]_{\text{نهایی}}=\sqrt{K_a.M}_{\text{نهایی}}=\sqrt{8\times10^{-5}\times0/2}=4\times10^{-3} mol.L^{-1}$$

$$pH_{\text{نهایی}}=-\log[H^+]_{\text{نهایی}}=-\log(4\times10^{-3})=3-\log 4=3-2\log 2=3-2(0/3)=2/4$$

در نتیجه pH به اندازهٔ $0/3$ $(2/1-2/4)$ تغییر می‌کند.

پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع فصل هشتم

فصل هشتم: آزمون کنکور

۱ ۴ عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: در این واکنش عدد اکسایش منگنز از $(+۷)$ در $MnO_۴^-$ به $(+۴)$ در $MnO_۲$ رسیده است؛ بنابراین $MnO_۴^-$ اکسنده است.

$$\begin{cases} MnO_۴^-: Mn+۴(-۲)=-۱ \Rightarrow Mn=+۷ \\ MnO_۲: Mn+۲(-۲)=۰ \Rightarrow Mn=+۴ \end{cases}$$

عدد اکسایش ید از (-۱) در I^- به (صفر) در $I_۲$ رسیده است؛ بنابراین I^- کاهنده است. عبارت دوم: عدد اکسایش Mn در $MnO_۴^-$ و $MnO_۲$ را در قسمت قبل محاسبه کردیم. همانطور که ملاحظه کردید، در این واکنش عدد اکسایش Mn، ۳ واحد تغییر کرده و به $(+۴)$ رسیده است. عبارت سوم: در این واکنش به ازای مصرف ۲ مول یون $MnO_۴^-$ که گونهٔ اکسنده است، ۶ مول یون I^- با از دست دادن ۶ مول الکترون به ۳ مول $I_۲$ تبدیل شده است. عبارت چهارم: به ازای مصرف هر مول گونهٔ کاهنده (یون I^-)، یک مول الکترون مبادله شده و نیم‌مول نافلز $(I_۲)$ تولید می‌شود.

۲ ۳ عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. معادلهٔ موازنه شدهٔ این واکنش به‌صورت زیر است:

$$۳CH_۳CH_۲OH(aq)+۲Cr_۲O_۷^{۲-}(aq)+۱۶H^+(aq) \rightarrow ۳CH_۳COOH(aq)+۴Cr^{۳+}(aq)+۱۱H_۲O(l)$$

بررسی عبارت‌ها: عبارت اول: در این واکنش عدد اکسایش کروم در $Cr_۲O_۷^{۲-}$ کاهش و عدد اکسایش کربن در $CH_۳CH_۲OH$ افزایش یافته است؛ بنابراین $Cr_۲O_۷^{۲-}$ گونهٔ اکسنده و $CH_۳CH_۲OH$ گونهٔ کاهنده است. با توجه به ضرایب استوکیومتری در این واکنش، به ازای مصرف ۲ مول گونهٔ اکسنده $(Cr_۲O_۷^{۲-})$، ۳ مول گونهٔ کاهنده $(CH_۳CH_۲OH)$ مصرف می‌شود. عبارت دوم: در این واکنش عدد اکسایش کروم از $(+۶)$ در $Cr_۲O_۷^{۲-}$ به $(+۳)$ در $Cr^{۳+}$ کاهش یافته است؛ بنابراین $Cr_۲O_۷^{۲-}$ گونهٔ اکسنده و $Cr^{۳+}$ گونهٔ کاهش‌یافتهٔ آن است. مجموع ضرایب استوکیومتری $Cr^{۳+}$ و $Cr_۲O_۷^{۲-}$ برابر $۶(۴+۲)$ می‌باشد. عبارت سوم: در تبدیل $Cr_۲O_۷^{۲-}$ به $Cr^{۳+}$، عدد اکسایش هر اتم کروم از $(+۶)$ به $(+۳)$ تغییر می‌کند و چون ۲ اتم کروم در این ترکیب وجود دارد، در تبدیل هر مول $Cr_۲O_۷^{۲-}$ به $Cr^{۳+}$، شش مول الکترون جذب می‌شود. در مورد گونهٔ کاهنده، نیز باید گفت که در تبدیل $CH_۳CH_۲OH$ به $CH_۳COOH$، عدد اکسایش یکی از اتم‌های کربن از (-۱) به $(+۳)$ تغییر می‌کند و عدد اکسایش اتم کربن دیگر اصلاً تغییر نمی‌کند، پس در این فرایند به ازای اکسایش یک مول $CH_۳CH_۲OH$، ۴ مول الکترون آزاد می‌شود.

$$\underset{-۳}{C}H_۳\underset{-۱}{C}H_۲OH \Rightarrow \underset{-۳}{C}H_۳\underset{+۳}{C}OOH$$

عبارت چهارم: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش داریم:

$$\frac{\text{مجموع ضرایب استوکیومتری واکنش‌دهنده‌ها}}{\text{ضریب استوکیومتری استیک اسید}}=\frac{۳+۲+۱۶}{۳}=\frac{۲۱}{۳}=۷$$

۲ ۳ معادلهٔ واکنش به‌صورت زیر است و به‌ازای ضرایب داده شده، میان گونه‌ها ۳n مول الکترون مبادله شده است:

$$\text{تعداد مول الکترون‌های مبادله شده در واکنش}(X)=\text{ضریب}\times\text{تغییرات عدد اکسایش}(X)\times\text{زیروند}=(n-۰)\times۳\times۱=۳n$$

$$۳X^{n+}(aq)+b\,Cr(s) \rightarrow b\,Cr^{۳+}(aq)+۳X(s) \sim ۳n\,e^-$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,e^-=۰/۰۴\,mol\,Cr\times\frac{۳n\,mol\,e^-}{b\,mol\,Cr}=۰/۱۲\,mol\,e^- \Rightarrow \frac{n}{b}=\frac{۰/۱۲}{۳\times۰/۰۴}=۱$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول Cr مصرفی}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول الکترون مبادله شده}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۰/۰۴}{b}=\frac{۰/۱۲}{۳n} \Rightarrow \frac{n}{b}=۱$$

۴ ۳ ابتدا با استفاده از تغییرات عدد اکسایش گونه‌ها، معادلهٔ واکنش داده شده را موازنه می‌کنیم. برای شروع موازنه، میزان تغییر عدد اکسایش گونهٔ کاهنده و اکسنده را به‌ترتیب ضریب گونهٔ اکسنده و کاهنده قرار می‌دهیم.

۲ واحد کاهش — ۳ واحد اکسایش

$$۳\underset{+۴}{MnO_۲}+۴H^+ +۲\underset{+۲}{NO} \longrightarrow ۳\underset{+۲}{Mn^{۲+}}+۲H_۲O+۲\underset{+۵}{NO_۳^-}\ ,\ ۶\,mol\,e^-$$

$$\begin{cases} \text{جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های Mn}=۳\times۴=۱۲ \\ \text{جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های N}=(۲\times۲)+(۲\times۵)=۱۴ \end{cases} \Rightarrow \text{جمع جبری عدد اکسایش اتم‌های Mn و N برابر نیست.}$$

(خواستان باشد که در این محاسبات $Mn^{۲+}$ را در نظر نمی‌گیریم؛ زیرا یون است نه اتم! هر چند حتی اگر $Mn^{۲+}$ را نیز در نظر بگیریم، باز هم این رابطه برقرار نیست.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش داریم:

$$?\,mol\,e^-=۰/۲\,mol\,H^+\times\frac{۶\,mol\,e^-}{۴\,mol\,H^+}=۰/۳\,mol\,e^-$$

گزینهٔ (۲): با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش، مجموع ضرایب استوکیومتری مواد برابر ۱۶ است. گزینهٔ (۴): نسبت ضریب استوکیومتری گونهٔ اکسنده (MnO_2) به گونهٔ کاهنده (NO) برابر با $1/5\left(\frac{3}{2}\right)$ است.

۵ ۱ واکنش سوختن کامل یک مول نفتالن به‌صورت مقابل است: $C_{10}H_8+12O_2\rightarrow 10CO_2+4H_2O$

مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در مولکول نفتالن برابر است با:

$C_{10}H_8 \Rightarrow$ مجموع عدد اکسایش کربن‌ها $+8(+1)=0 \Rightarrow$ مجموع عدد اکسایش کربن‌ها $=-8$

عدد اکسایش کربن در CO_2 نیز برابر $+4$ است که در واکنش ۱۰ مول CO_2 تولید شده؛ پس مجموع عدد اکسایش آن‌ها برابر ۴۰ می‌باشد.

$$\frac{\text{مجموع تغییر عدد اکسایش اتم‌های کربن در واکنش یک مول نفتالن}}{\text{مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن در مولکول نفتالن}}=\frac{40-(-8)}{-8}=-6$$

۶ ۲ ابتدا مقدار مول الکترون‌های مبادله شده به ازای مصرف ۲ مول فلز M را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,e^-=3/612\times10^{24}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}=6\,mol\,e^-$$

با مصرف ۶ مول الکترون، ۳ مول Cu^{2+} به Cu تبدیل می‌شود: $Cu^{2+}(aq)+2e^-\rightarrow Cu(s)$

$$?\,mol\,Cu^{2+}=6\,mol\,e^-\times\frac{1\,mol\,Cu^{2+}}{2\,mol\,e^-}=3\,mol\,Cu^{2+}$$

به این‌ترتیب در این فرایند به ازای مصرف ۲ مول فلز M، ۳ مول Cu تولید می‌شود. پس به کمک نسبت تغییر جرم آن‌ها می‌توان جرم مولی فلز M را محاسبه کرد:

$$\frac{3\times(\text{جرم مولی Cu})}{2\times(\text{جرم مولی M})}=1/84\Rightarrow\frac{3\times64}{2\times(\text{جرم مولی M})}=1/84\Rightarrow\text{جرم مولی M}\simeq52\,g.mol^{-1}$$

۷ ۱ با توجه به مقدار E° های داده شده، معادلهٔ واکنش انجام شده در دو سلول به‌صورت زیر است:

(در هر سلول، نیم‌سلول دارای E° منفی‌تر، آند بوده و اکسایش می‌یابد.)

سلول (منگنز - کروم): $3Mn(s)+2Cr^{3+}(aq)\rightarrow 3Mn^{2+}(aq)+2Cr(s)$ سلول (منیزیم - نقره): $Mg(s)+2Ag^+(aq)\rightarrow Mg^{2+}(aq)+2Ag(s)$

ابتدا تغییر جرم آند (Mg) در سلول گالوانی (منیزیم - نقره) را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Mg=3/24\,g\,Ag\times\frac{1\,mol\,Ag}{108\,g\,Ag}\times\frac{1\,mol\,Mg}{2\,mol\,Ag}\times\frac{24\,g\,Mg}{1\,mol\,Mg}=0/36\,g\,Mg$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم Mg}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم Ag}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x\,g\,Mg}{1\times24}=\frac{3/24}{2\times108}\Rightarrow x=0/36\,g\,Mg$$

پس تغییر جرم کاتد (Cr) در سلول گالوانی (منگنز - کروم) دو برابر این مقدار و برابر $0/72\,g$ $(2\times0/36)$ است؛ در این سلول هر مول Cr^{3+} با دریافت ۳ مول الکترون به فلز Cr کاهش می‌یابد: $Cr^{3+}(aq)+3e^-\rightarrow Cr(s)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,e^-=0/72\,g\,Cr\times\frac{1\,mol\,Cr}{52\,g\,Cr}\times\frac{6\,mol\,e^-}{2\,mol\,Cr}\times\frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-}\simeq2/5\times10^{22}\,e^-$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم Cr}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد الکترون‌ها}}{\text{ضریب}\times6/02\times10^{23}}\Rightarrow\frac{0/72}{1\times52}=\frac{y\,e^-}{3\times6/02\times10^{23}}\Rightarrow y\simeq2/5\times10^{22}\,e^-$$

۸ ۳ در سلول سوختی هیدروژن، به ازای اکسایش هر مول گاز هیدروژن، ۲ مول الکترون در معادلهٔ «$H_2(g)\rightarrow 2H^+(aq)+2e^-$» مبادله می‌شود. برای تولید هر مول فلز منیزیم از یون منیزیم ۲ مول الکترون مطابق معادلهٔ «$Mg^{2+}(l)+2e^-\rightarrow Mg(l)$» نیاز است، پس به ازای اکسایش هر مول گاز هیدروژن، یک مول اتم منیزیم تولید می‌شود؛ بنابراین می‌توان نوشت: «$1\,mol\,H_2\sim1\,mol\,Mg$»

راه اول (کسر تبدیل):

$$?\,kg\,H_2=18\,kg\,Mg\times\frac{1000\,g\,Mg}{1\,kg\,Mg}\times\frac{1\,mol\,Mg}{24\,g\,Mg}\times\frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,Mg}\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}\times\frac{1\,kg\,H_2}{1000\,g\,H_2}\times\frac{100}{60}=2/5\,kg\,H_2$$

راه دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم }H_2\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم Mg}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x\,g\,H_2\times\frac{60}{100}}{2\times1}=\frac{18\times1000}{24\times1}\Rightarrow x=2500\,g\,H_2=2/5\,kg\,H_2$$

۹ ۳ ابتدا شمار مول الکترون مبادله شده در فرایند آبکاری را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{۵۰۰ قاشق} \times \frac{۱/۲۰۴\times۱۰^{۲۲}\,e^-}{\text{قاشق ۱}} \times \frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,e^-} = ۱۰\,mol\,e^-$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده در سلول سوختی هیدروژن به شکل مقابل است:

$$۲H_۲(g)+O_۲(g)\rightarrow ۲H_۲O(g)\sim ۴e^-$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_۲ = ۱۰\,mol\,e^- \times \frac{\overset{\text{بازدهی}}{۸۰}}{۱۰۰} \times \frac{۲mol\,H_۲}{۴mol\,e^-} \times \frac{۲g\,H_۲}{۱mol\,H_۲} = ۱۲/۵g\,H_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } H_۲ \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{شمار مول } e^-}{\text{ضریب } e^-} \Rightarrow \frac{x\,g\,H_۲ \times \frac{۸۰}{۱۰۰}}{۲\times۲} = \frac{۱۰}{۴} \Rightarrow x = ۱۲/۵g\,H_۲$$

۱۰ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های انجام شده و شمار مول الکترون‌های مبادله شده در آن‌ها به صورت زیر است:

فرایند هال (I): $۲Al_۲O_۳(l)+۳C(s)\rightarrow ۴Al(l)+۳CO_۲(g)\sim ۱۲e^-$ برقکافت سدیم کلرید (II): $۲NaCl(l)\rightarrow ۲Na(l)+Cl_۲(g)\sim ۲e^-$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,CO_۲ = ۱۴/۲g\,Cl_۲ \times \frac{۱\,mol\,Cl_۲}{۷۱g\,Cl_۲} \times \frac{۲mol\,e\,(II)}{۱mol\,Cl_۲} \times \frac{۲mol\,e\,(I)}{۱mol\,e\,(II)} \times \frac{۳mol\,CO_۲}{۱۲mol\,e\,(I)} \times \frac{۲۲/۴L\,CO_۲}{۱mol\,CO_۲} = ۴/۴۸L\,CO_۲$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\text{واکنش (II):} \frac{\text{جرم } Cl_۲}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مول } e}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۱۴/۲}{۱\times۷۱} = \frac{x\,mol}{۲} \Rightarrow x = ۰/۴mol\,e^-$$

پس شمار مول الکترون‌های مبادله شده در فرایند هال برابر ۰/۸ است:

$$\text{واکنش (I):} \frac{\text{جرم } CO_۲}{\text{ضریب} \times ۲۲/۴} = \frac{\text{مول } e}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{y\,L\,CO_۲}{۳\times۲۲/۴} = \frac{۰/۸}{۱۲} \Rightarrow y = ۴/۴۸L\,CO_۲$$

فصل هشتم: آزمون جامع ۱

۱ ۱ Mg در سری الکتروشیمیایی پایین‌تر از Ag قرار دارد، پس در سلول گالوانی مورد نظر، اتم‌های Mg اکسایش و یون‌های Ag^+ کاهش می‌یابند.

$$Mg(s)+۲Ag^+(aq)\rightarrow Mg^{۲+}(aq)+۲Ag(s)$$

جرم تیغهٔ آندی (Mg) را $(x+۱۰)$ گرم و جرم تیغهٔ کاتدی (Ag) را x گرم در نظر می‌گیریم. سپس تغییر جرم هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Mg = ۰/۲mol\,e^- \times \frac{۱\,mol\,Mg}{۲mol\,e^-} \times \frac{۲۴g\,Mg}{۱\,mol\,Mg} = ۲/۴g\,Mg \quad \text{(کاهش جرم)}$$

$$?\,g\,Ag = ۰/۲mol\,e^- \times \frac{۲mol\,Ag}{۲mol\,e^-} \times \frac{۱۰۸g\,Ag}{۱\,mol\,Ag} = ۲۱/۶g\,Ag \quad \text{(افزایش جرم)}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{تغییر جرم آند (Mg)}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{تغییر جرم کاتد (Ag)}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{مول } e^-}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{۱\times۲۴} = \frac{y}{۲\times۱۰۸} = \frac{۰/۲}{۲} \Rightarrow x = ۲/۴g,\ y = ۲۱/۶g$$

پس جرم تیغهٔ آندی (Mg) به $x+۷/۶$ $(x+۱۰-۲/۴)$ گرم و جرم تیغهٔ کاتدی (Ag) به $x+۲۱/۶$ گرم خواهد رسید. پس اختلاف جرم دو تیغه برابر ۱۴ گرم می‌شود:

$$\text{اختلاف جرم دو تیغه:}\ (x+۲۱/۶)-(x+۷/۶)=۱۴g$$

۲ ۴ در سلول گالوانی (آهن - A)، تیغهٔ آهنی الکترود آند است و طی واکنش جرم آن کاهش می‌یابد.

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش کلی این سلول به‌صورت مقابل است:

$$Fe(s)+۲A^+(aq)\rightarrow Fe^{۲+}(aq)+۲A(s)$$

$$?\,g\,Fe = ۰/۴mol\,e^- \times \frac{۱\,mol\,Fe}{۲mol\,e^-} \times \frac{۵۶g\,Fe}{۱\,mol\,Fe} = ۱۱/۲g\,Fe$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): با توجه به عدد منفی ولت‌سنج، نیم‌سلول دارای الکترود A کاتد و نیم‌سلول SHE، نیم‌سلول آندی است.

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش کلی این سلول به صورت مقابل است:

$$H_۲(g)+۲A^+(aq)\rightarrow ۲H^+(aq)+۲A(s)$$

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ واکنش برابر ۷ است. گزینهٔ (۲): با توجه به عدد ولت‌سنج سلول سمت چپ داریم:

$$E^\circ(\text{سلول})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=E^\circ(A^+/A)-E^\circ(H^+/H_۲)\Rightarrow ۰/۸=E^\circ(A^+/A)-۰\Rightarrow E^\circ(A^+/A)=۰/۸V$$

نیروی الکتروموتوری (emf) سلول (آهن- A) برابر است با:

$$E^\circ(\text{سلول})=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=E^\circ(A^+/A)-E^\circ(Fe^{۲+}/Fe)\Rightarrow E^\circ(\text{سلول})=۰/۸-(-۰/۴۴)=+۱/۲۴V$$

با توجه به اتصال قطب‌های هم‌نام ولت‌سنج و سلول گالوانی، ولت‌سنج عدد $+۱/۲۴V$ را باید نشان دهد. گزینهٔ (۳): مقدار مول مصرفی کاتیون A^+ را محاسبه می‌کنیم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,A^+ = ۲/۸L\,H_۲ \times \frac{۱\,mol\,H_۲}{۲۲/۴L\,H_۲} \times \frac{۲mol\,A^+}{۱\,mol\,H_۲} = ۰/۲۵mol\,A^+ \text{ مصرفی}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } A^+}{\text{ضریب}}=\frac{\text{لیتر } H_2}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{2}=\frac{2/8}{1\times22/4}\Rightarrow x=0/25\,mol\,A^+$$

با توجه به غلظت اولیهٔ A^+، مول اولیهٔ A^+ را محاسبه می‌کنیم:

$$M=\frac{n}{V}\Rightarrow1=\frac{n}{0/5}\Rightarrow n_{\text{اولیه}}=0/5\,mol$$

پس با مصرف ۰/۲۵ مول A^+، مقدار مول A^+ نصف می‌شود، در نتیجه غلظت مولی آن نیز نصف می‌شود.

۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده در سلول سوختی هیدروژن- اکسیژن:

$$2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)$$

$-2 \xrightarrow[\text{۴واحد اکسایش}]{2(-2)=-4} -4$

در این سلول با مبادلهٔ ۴ مول الکترون، ۲ مول فراوردهٔ گازی تولید می‌شود:

$$?\,g\,H_2O=6/02\times10^{24}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{2\,mol\,H_2O}{4\,mol\,e^-}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=90\,g\,H_2O$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده در سلول سوختی متان- اکسیژن:

$$CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$$

$-4 \xrightarrow{\text{۸ واحد اکسایش}} +4$

در این سلول با مبادلهٔ ۸ مول الکترون، ۲ مول بخار آب و یک مول کربن دی‌اکسید تولید می‌شود:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O=6/02\times10^{24}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{2\,mol\,H_2O}{8\,mol\,e^-}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=45\,g\,H_2O$$

$$?\,g\,CO_2=6/02\times10^{24}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{8\,mol\,e^-}\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=55\,g\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } H_2O}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد } e^-}{\text{ضریب}\times N_A}\Rightarrow\frac{x}{2\times18}=\frac{6/02\times10^{24}}{4\times6/02\times10^{23}}\Rightarrow x=90\,g\,H_2O$$

$$\frac{\text{گرم } H_2O}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم } CO_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{تعداد } e^-}{\text{ضریب}\times N_A}\Rightarrow\frac{m}{2\times18}=\frac{n}{1\times44}=\frac{6/02\times10^{24}}{8\times6/02\times10^{23}}\Rightarrow m=45\,g\,H_2O,\ n=55\,g\,CO_2$$

پس در سلول سوختی «هیدروژن- اکسیژن» مقدار ۹۰ گرم فراورده و در سلول سوختی «متان- اکسیژن» مقدار ۱۰۰g (۴۵+۵۵) فراورده تولید می‌شود که اختلاف این دو مقدار برابر ۱۰g (۹۰−۱۰۰) است.

۳ ۴ ابتدا طبق واکنش کلی برقکافت سدیم کلرید مذاب، جرم یون سدیم کاهش‌یافته را محاسبه می‌کنیم:

$$2Na^+(l)+2Cl^-(l)\rightarrow 2Na(l)+Cl_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Na^+=31/5\,L\,Cl_2\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{20\,L\,Cl_2}\times\frac{2\,mol\,Na^+}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{23\,g\,Na^+}{1\,mol\,Na^+}=72/45\,g\,Na^+$$

سپس جرم محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,\text{محلول}=100\,L\,\text{محلول}\times\frac{10^3\,mL}{1\,L}\times\frac{1/035\,g\,\text{محلول}}{1\,mL\,\text{محلول}}=103500\,g\,\text{محلول}$$

اکنون غلظت ppm یون سدیم در محلول اولیه را به‌دست می‌آوریم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times10^6\Rightarrow ppm=\frac{72/45}{103500}\times10^6=700$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{حجم محلول}\times\text{چگالی محلول}\times ppm}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}\times10^6}=\frac{\text{لیتر } CO_2}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{100\times10^3\times1/035\times ppm}{2\times23\times10^6}=\frac{31/5}{1\times20}\Rightarrow ppm=700$$

۱ ۵ با توجه به پتانسیل‌های استاندارد کاهشی داده شده داریم:

در رقابت آندی، یون Cl^- به دلیل داشتن پتانسیل کاهشی کمتر نسبت به F^-، اکسایش می‌یابد:

$$2Cl^-(l)\rightarrow Cl_2(g)+2e^-$$

در رقابت کاتدی، یون Mg^{2+} به دلیل داشتن پتانسیل کاهشی بیشتر نسبت به Li^+، کاهش می‌یابد:

$$Mg^{2+}(l)+2e^-\rightarrow Mg(l)$$

با توجه به ضریب الکترون که در هر دو نیم واکنش یکسان است، خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Mg=896\,mL\,Cl_2\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{22400\,mL\,Cl_2}\times\frac{1\,mol\,Mg}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{24\,g\,Mg}{1\,mol\,Mg}=0/96\,g\,Mg$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } Mg}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{میلی‌لیتر } Cl_2\,(STP)}{\text{ضریب}\times22400}\Rightarrow\frac{x}{1\times24}=\frac{896}{1\times22400}\Rightarrow x=0/96g$$

۱ ۶ معادلهٔ واکنش انجام شده در فرایند هال به‌صورت مقابل است:

$$2Al_2O_3(l)+3C(s)\rightarrow 4Al(l)+3CO_2(g)$$

$+3 \rightarrow 0$

تعداد الکترون مبادله شده در واکنش به ازای چهار اتم Al $=(3-0)\times2\times2=12$

پس به ازای تولید هر ۴ مول Al ، تعداد ۱۲ مول الکترون مبادله می‌شود، بنابراین خواهیم داشت:

$$?\,C=11/7\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{12\,mol\,e^-}{4\,mol\,Al}\times\frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-}\times\frac{1\,C}{6/24\times10^{18}\,e^-}\simeq1/25\times10^5\,C$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{11/7\times12\times6/02\times10^{23}}{27\times4\times6/24\times10^{18}}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{11/7\times12\times6/02\times10^{23}}{27\times4\times6/24\times10^{18}}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{11/7\times3\times6/02}{27\times6/24}\times10^5\xrightarrow[\text{به‌ترتیب اعداد ۶، ۱۲ و ۶ در نظر گرفته شود.}]{\text{تخمین: به‌جای اعداد ۶/۰۲، ۱۱/۷ و ۶/۲۴}}$$

$$\frac{12\times3\times6}{27\times6}\times10^5\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{12}{9}\times10^5\simeq1/33\times10^5$$

نزدیک‌ترین عدد، $1/25\times10^5$ در گزینهٔ (۱) است.

۷ | ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

I) سلول هال: $2\underbrace{Al_2O_3}_{+3}(l)+3C(s)\rightarrow4\underbrace{Al}_{0}(l)+3CO_2(g)$ ، تعداد e^-های مبادله شده در سلول هال: $2\times2\times(3-0)=12e^-$

II) ترمیت: $Fe_2O_3(s)+2Al(s)\rightarrow Al_2O_3(s)+2Fe(l)$ ، $?\,g\,C=7/224\times10^{25}e\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{3\,mol\,C}{12\,mol\,e^-}\times\frac{12\,g\,C}{1\,mol\,C}=360\,g\,C$

$$?\,g\,Fe=7/224\times10^{25}e\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}\,e^-}\times\frac{4\,mol\,Al(I)}{12\,mol\,e^-}\times\frac{20\,mol\,Al(II)}{100\,mol\,Al(I)}\times\frac{2\,mol\,Fe}{2\,mol\,Al(II)}\times\frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe}\times\underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=336\,g\,Fe$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{7/224\times10^{25}\times4\times20\times2\times56\times75}{6/02\times10^{23}\times12\times100\times2\times100}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{7/224\times10^{25}\times4\times20\times2\times56\times75}{6/02\times10^{23}\times12\times100\times2\times100}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی و دسته‌بندی}}$$

$$\frac{7224\times2\times56\times3}{602\times4\times3}\times\frac{10^{-3}\times10^2\times10}{10^{-2}\times100}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}12\times2\times14=\cdots6$$

تنها عدد ۳۳۶ یکان ۶ دارد.

۸ | ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش برقکافت آب به‌صورت مقابل است: $2H_2O(l)\rightarrow2H_2(g)+O_2(g)$

قسمت اول: با توجه به واکنش بالا، به ازای برقکافت دو مول آب $(2\times18=36)$، در شرایط STP دو مول گاز هیدروژن $(2\times22/4=44/8\,L)$ و یک مول گاز اکسیژن $(22/4\,L)$ تولید می‌شود. با توجه به توضیحات داده شده، مقدار آب مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O=560\times10^{-3}\,L\,\text{اختلاف حجم}\times\frac{2\,mol\,H_2O}{22/4\,L\,\text{اختلاف حجم}}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=0/9\,g\,H_2O$$

قسمت دوم: در فرایند برقکافت آب، به ازای تجزیهٔ ۲ مول H_2O ، ۴ مول الکترون مبادله می‌شود. بنابراین خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,e=0/9\,g\,H_2O\times\frac{1\,mol\,H_2O}{18\,g\,H_2O}\times\frac{4\,mol\,e}{2\,mol\,H_2O}\times\frac{6/02\times10^{23}\,e}{1\,mol\,e}=6/02\times10^{22}\,e$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم }H_2O}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{اختلاف حجم گازهای فراورده}}{\text{اختلاف حجم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{\text{تعداد }e^-}{N_A\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x}{2\times18}=\frac{560\times10^{-3}}{2\times22/4-1\times22/4}=\frac{y}{4\times6/02\times10^{23}}$$

$$\Rightarrow x=0/9\,g\,H_2O\,,\ y=6/02\times10^{22}\,e^-$$

۹ | ۳ در واکنش برقکافت سدیم کلرید مذاب، به ازای تولید هر مول Na ، یک مول الکترون مبادله می‌شود: نیم‌واکنش کاهش: $Na^+(l)+e^-\rightarrow Na(l)$

$$?\,mol\,e^-=92\,g\,Na\times\frac{1\,mol\,Na}{23\,g\,Na}\times\frac{1\,mol\,e^-}{1\,mol\,Na}=4\,mol\,e^-$$

در واکنش خوردگی آهن به ازای مصرف هر مول آهن $(56\,g\,Fe)$، ۳ مول الکترون مبادله می‌شود: نیم‌واکنش اکسایش در فرایند خوردگی آهن: $Fe(s)\rightarrow Fe^{3+}(aq)+3e^-$

پس جرم قطعهٔ آهن که دچار خوردگی شده برابر است با:

$$?\,g\,Fe=4\,mol\,e^-\times\frac{1\,mol\,Fe}{3\,mol\,e^-}\times\frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe}\simeq74/7\,g\,Fe$$

۱۰ | ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده در سلول «روی- SHE» به‌صورت مقابل است: $Zn(s)+2H^+(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+H_2(g)$

در این واکنش به ازای تولید هر مول H_2 ، دو مول الکترون مبادله می‌شود: نیم‌واکنش کاتدی: $2H^+(aq)+2e^-\rightarrow H_2(g)$

$$?\,mol\,e^- = 4/2\,L\,H_2 \times \frac{1\,mol\,H_2}{22/4\,L\,H_2} \times \frac{2\,mol\,e^-}{1\,mol\,H_2} = 3/75\,mol\,e^-$$

در فرایند آبکاری با طلا، به ازای مصرف هر سه مول الکترون، یک مول طلا روی جسم مسی قرار می‌گیرد، پس خواهیم داشت:

$$\text{نیم‌واکنش کاتدی: } Au^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow Au(s) \quad , \quad ?\,g\,Au = 3/75\,mol\,e^- \times \frac{80}{100} \times \frac{1\,mol\,Au}{3\,mol\,e^-} \times \frac{197\,g\,Au}{1\,mol\,Au} = 197\,g\,Au$$

فصل هشتم: آزمون جامع ۲

۱ ۲ با توجه به E° کوچک‌تر Zn نسبت به H_2، معادلهٔ واکنش انجام شده در سلول گالوانی (روی - SHE) به‌صورت زیر است:

$$Zn(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Zn^{2+}(aq) + H_2(g)$$

در این واکنش به ازای مبادلهٔ ۲ مول الکترون، یک مول گاز هیدروژن تولید می‌شود. ابتدا مقدار مول گاز هیدروژن تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,H_2 = 3/01 \times 10^{24}\,e^- \times \frac{1\,mol\,e^-}{6/02 \times 10^{23}\,e^-} \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,mol\,e^-} = 2/5\,mol\,H_2$$

سپس ولتاژ سلول سوختی «هیدروژن- اکسیژن» را در بهترین حالت محاسبه می‌کنیم:

$$\text{نیم‌واکنش آندی: } 2H_2(g) \rightarrow 4H^+(aq) + 4e^- \qquad E^\circ = 0\,V$$

$$\text{نیم‌واکنش کاتدی: } O_2(g) + 4H^+(aq) + 4e^- \rightarrow 2H_2O(g) \qquad E^\circ = 1/2\,V$$

$$\text{واکنش کلی: } 2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g) \qquad E^\circ = 1/2\,V$$

با توجه به ولتاژ سلول سوختی اشاره شده در سؤال، بازده سلول سوختی برابر است با:

$$\text{بازده سلول سوختی} = \frac{\text{ولتاژ عملی}}{\text{ولتاژ نظری}} \times 100 = \frac{0/72}{1/2} \times 100 = \%60$$

اکنون جرم فراوردهٔ گازی را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_2O = 2/5\,mol\,H_2 \times \frac{2\,mol\,H_2O}{2\,mol\,H_2} \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده سلول}} = 27\,g\,H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } H_2 \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{گرم آب}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{2/5 \times \frac{60}{100}}{2} = \frac{x}{2 \times 18} \Rightarrow x = 27\,g$$

۲ ۴ قسمت اول: با توجه به عدد منفی ولت‌سنج، آهن الکترود آند بوده و نیم‌سلول مربوط به SHE، نیم‌سلول کاتدی است:

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش کلی: $Fe(s) + 2H^+(aq) \rightarrow Fe^{2+}(aq) + H_2(g)$

غلظت اولیهٔ H^+ در سلول گالوانی برابر $1\,mol.L^{-1}$ است، پس داریم: $pH_1 = -\log[H^+] = -\log(1) = 0$

با توجه به افزایش ۰/۳ واحدی pH محلول، داریم: $pH_2 = 0 + 0/3 = 0/3$

غلظت H^+ در محلول را در این زمان محاسبه می‌کنیم: $[H^+] = 10^{-pH} = 10^{-0/3} = 10^{0/7} \times 10^{-1} = 10^{\log 5} \times 10^{-1} = 5 \times 10^{-1}\,mol.L^{-1}$

پس به عبارتی غلظت مولی یون H^+ از $1\,mol.L^{-1}$ به $0/5\,mol.L^{-1}$ رسیده است. در ادامه به کمک این تغییر غلظت کاهش جرم تیغهٔ آهنی را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Fe = 0/4\,L\,\text{محلول} \times \frac{0/5\,mol\,H^+}{1\,L\,\text{محلول}} \times \frac{1\,mol\,Fe}{2\,mol\,H^+} \times \frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe} = 5/6\,g\,Fe$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم Fe}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت مولار} \times \text{لیتر محلول } H^+}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{1 \times 56} = \frac{0/4 \times 0/5}{2} \Rightarrow x = 5/6\,g$$

قسمت دوم: با توجه به ضرایب استوکیومتری H^+ و Fe^{2+} درمعادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش و اینکه غلظت H^+ در محلول نیم‌سلول کاتدی ۰/۵ مول بر لیتر کاهش می‌یابد، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت Fe^{2+} در محلول نیم‌سلول آندی به اندازهٔ ۰/۲۵ مول بر لیتر افزایش می‌یابد ولی با توجه به وجود دیوارهٔ متخلخل و عبور کاتیون‌های Fe^{2+} از آن، غلظت Fe^{2+} در محلول نیم‌سلول آندی کمتر از ۰/۲۵ مول بر لیتر افزایش می‌یابد.

۳ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $Cu(s) + 2AgNO_3(aq) \rightarrow Cu(NO_3)_2(aq) + 2Ag(s)$

با مبادلهٔ ۲ مول الکترون، یک مول مس مصرف شده $(1 \times 64 = 64\,g)$ و دو مول نقره تولید می‌شود $(2 \times 108 = 216\,g)$. پس به ازای مبادلهٔ ۲ مول الکترون، جرم تیغه به اندازهٔ $152\,g\,(64 - 216)$ افزایش می‌یابد.

تعداد مول الکترون‌های مبادله شده در ۵۰ ثانیه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,e^- = 50\,s \times \frac{1\,min}{60\,s} \times \frac{48 \times 10^{-3}\,mol\,e^-}{1\,min} = 0/04\,mol\,e^-$$

افزایش جرم تیغه برابر است با: $?\,g\ \text{افزایش جرم تیغه}=0/04\,mol\,e^- \times \frac{152\,g\ \text{تغییر جرم}}{2\,mol\,e^-}=3/04\,g\ \text{تغییر جرم}$

پس جرم تیغه به $15/04\,g$ $(12+3/04)$ می‌رسد.

۴ ۱ یک آمپر مقدار باری است که در یک ثانیه از سطح مقطع یک جسم رسانا عبور می‌کند.

ابتدا با توجه به فرمول $q=It$ کل بار عبور کرده را بر حسب کولن به‌دست می‌آوریم: $q=It=20\times(2\times60\times60s)=144000C$

سپس محاسبه می‌کنیم هر مول الکترون معادل چند کولن است: $1\,mol\,e^-=6\times10^{23}\times1/6\times10^{-19}=96000C$

در برقکافت آب، به ازای عبور ۴ مول الکترون، ۲ مول H_2 $(2\times2)\,4g$ و یک مول O_2، $(1\times32)\,32g$ تولید می‌شود، پس به ازای مبادلهٔ این مقدار الکترون، مقدار $(4+32)36g$ فراورده تولید می‌شود.

اکنون جرم فراورده‌های گازی تولید شده را محاسبه می‌کنیم: $?\,\text{گرم فراوردهٔ گازی}=144000C\times\frac{1\,mol\,e^-}{96000C}\times\frac{36g\ \text{فراورده}}{4\,mol\,e^-}=13/5g\ \text{فراورده}$

۵ ۳ ابتدا مقدار مول سدیم تولید شده در اثر تولید ۰/۵۶ لیتر گاز کلر در برقکافت سدیم کلرید مذاب را محاسبه می‌کنیم: $2NaCl(l)\rightarrow2Na(l)+Cl_2(g)$

$$?\,mol\,Na=0/56L\,Cl_2\times\frac{1\,mol\,Cl_2}{22/4L\,Cl_2}\times\frac{2mol\,Na}{1\,mol\,Cl_2}=0/05mol\,Na$$

در اثر واکنش سدیم با آب، سدیم هیدروکسید تولید می‌شود: $2Na(s)+2H_2O(l)\rightarrow2NaOH(aq)+H_2(g)$

طبق ضرایب استوکیومتری مواد در واکنش بالا، از واکنش ۰/۰۵ مول سدیم، ۰/۰۵ مول سدیم هیدروکسید تولید می‌شود. سپس غلظت این ترکیب را محاسبه می‌کنیم:

$$M=\frac{n}{V}=\frac{0/05\,mol}{2/5\,L}=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}\Rightarrow M=[OH^-]=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

اکنون pH محلول را به‌دست می‌آوریم: $pOH=-\log[OH^-]=-\log(2\times10^{-2})=2-\log2=1/7\xrightarrow{pH+pOH=14}pH=12/3$

۶ ۲ در فرایند آبکاری با فلز نقره داریم: نیم‌واکنش کاهش: $Ag^+(aq)+e^-\rightarrow Ag(s)$

قسمت اول:

$$?\,mol\,Ag^+=48/6g\,Ag\times\frac{1\,mol\,Ag}{108g\,Ag}\times\frac{1\,mol\,Ag^+}{1\,mol\,Ag}=0/45mol\,Ag^+$$

$$\bar{R}(Ag^+)=\frac{\Delta n(Ag^+)}{V\Delta t}\Rightarrow2\times10^{-3}\,\frac{mol}{L.s}=\frac{0/45\,mol}{V(L)\times2/5\times60s}\Rightarrow V=1/5L$$

قسمت دوم:

$$?\,mol\,e^-=0/45mol\,Ag^+\times\frac{1\,mol\,e^-}{1\,mol\,Ag^+}\times\frac{10^3\,mmol\,e^-}{1\,mol\,e^-}=450mmol\,e^-$$

۷ ۱ معادلهٔ کلی سوختن آلکان: $\underset{nC=-2n-2}{C_nH_{2n+2}}+(\frac{3n+1}{2})O_2\rightarrow\underset{nC=4n}{nCO_2}+(n+1)H_2O$

عدد اکسایش n کربن در آلکان برابر $2n-2$ است که در nC در کربن دی‌اکسید (CO_2) به $4n$ می‌رسد، پس داریم:

$$\text{میانگین تغییرات عدد اکسایش}=\frac{4n-(-2n-2)}{n}=\frac{6n+2}{n}=6/4\Rightarrow6n+2=6/4n\Rightarrow n=5$$

در C_5H_{12} فقط ایزومر ۲ و ۲- دی‌متیل پروپان دارای دو شاخهٔ فرعی متیل است. واکنش C_5H_{10} با برم: $C_5H_{10}+Br_2\rightarrow C_5H_{10}Br_2$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Br_2=4/2g\,C_5H_{10}\times\frac{1\,mol\,C_5H_{10}}{70g\,C_5H_{10}}\times\frac{1\,mol\,Br_2}{1\,mol\,C_5H_{10}}\times\frac{160g\,Br_2}{1\,mol\,Br_2}=9/6g\,Br_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{C_5H_{10}\ \text{گرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Br_2\ \text{گرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{4/2}{1\times70}=\frac{x}{1\times160}\Rightarrow x=9/6g\,Br_2$$

۸ ۲ عبارت‌های دوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت اول: واکنش هال به صورت $2Al_2O_3+3C\rightarrow4Al+3CO_2$ است که مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها و فراورده‌ها با همدیگر برابر نیست.

عبارت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ خوردگی آهن، به صورت مقابل است: $4Fe+3O_2+6H_2O\rightarrow4Fe(OH)_3$

$$?\,g\,Fe(OH)_3=3/36L\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{22/4L\,O_2}\times\frac{4mol\,Fe(OH)_3}{3mol\,O_2}\times\frac{107g\,Fe(OH)_3}{1\,mol\,Fe(OH)_3}=21/4g\,Fe(OH)_3$$

عبارت سوم: معادلهٔ کلی برقکافت $MgCl_2$ به صورت مقابل است:

$$MgCl_2(l) \rightarrow Mg(l) + Cl_2(g) \sim 2e^-$$

$$?\,e^- = 2mol\,Cl_2 \times \frac{2mol\,e^-}{1mol\,Cl_2} \times \frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1mol\,e^-} = 24/08\times10^{23}\,e^-$$

عبارت چهارم: نیم‌واکنش کاتدی خوردگی حلبی به صورت مقابل است:

$$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$$

$$?\,g\,OH^- = 0/2mol\,O_2 \times \frac{4mol\,OH^-}{1mol\,O_2} \times \frac{17g\,OH^-}{1mol\,OH^-} = 13/6g\,OH^-$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{3/36\times4\times107}{22/4\times3} = ? \xrightarrow{\text{دسته‌بندی}} \frac{336\times4\times107}{224\times3} \times \frac{10^{-2}}{10^{-1}} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{3\times4\times107}{3\times2} \times 10^{-1} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} 2\times107\times10^{-1} = 21/4$$

۹ ۴ عدد اکسایش F در هر ترکیب آن برابر ۱− است. باید در ساختار داده شده کربن‌های با عدد اکسایش (۱−) را مشخص کنیم. کربن‌های گروه CH دارای عدد اکسایش (۱−) هستند که ۴ کربن در این ترکیب این ویژگی را دارند. فرمول شیمیایی ترکیبات آلی داده شده به صورت $C_8H_6O_3$ است. واکنش سوختن ناقص این ترکیب را می‌نویسیم:

$$C_8H_6O_3 + 4O_2 \rightarrow 8CO + 3H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,CO = 30g\,C_8H_6O_3 \times \frac{1mol\,C_8H_6O_3}{150g\,C_8H_6O_3} \times \frac{8mol\,CO}{1mol\,C_8H_6O_3} \times \frac{28g\,CO}{1mol\,CO} \times \frac{1L\,CO}{1/12g\,CO} = 40L\,CO$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } C_8H_6O_3}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{لیتر } CO\times\text{چگالی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{30}{1\times150} = \frac{x\times1/12}{8\times28} \Rightarrow x = 40L\,CO$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{30\times8\times28}{150\times1/12} = ? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی و دسته‌بندی}} \frac{30\times8\times28}{150\times1/12} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی و دسته‌بندی}} \frac{8\times28}{5\times112} \times \frac{1}{10^{-2}} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{200}{5} = 40$$

۱۰ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$2AuI_4^-(aq) + 3Cu(s) \rightarrow 2Au(s) + 3Cu^{2+}(aq) + 8I^-$$

عبارت‌های اول، دوم و چهارم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:**

عبارت اول: اکسندهٔ AuI_4^- است و تغییر جرم مربوط به مصرف Cu و تولید Au است:

$$?\,g = \text{تغییر جرم} = 0/1mol\,AuI_4^- \times \frac{\text{تغییر جرم}\,(2\times197 - 3\times64)}{2mol\,AuI_4^-} = 10/1g$$

عبارت دوم: مجموع ضرایب Cu و Au برابر ۵ است که مجموع ضرایب واکنش دهنده‌ها هم ۵ است.

عبارت سوم: هر مول Cu پس از تبدیل شدن به Cu^{2+} از آرایش $[Ar]3d^{10}4s^1$ به آرایش $[Ar]3d^9$ می‌رسد و یک مول e^- با $l=2$ از دست می‌دهد. پس داریم:

$$?(l=2\text{ با }e^-) = 1mol\,Au \times \frac{3mol\,Cu^{2+}}{2mol\,Au} \times \frac{1mol\,(l=2\text{ با }e^-)}{1mol\,Cu^{2+}} \times \frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1mol\,e^-} = 9/03\times10^{23}\,e^-$$

عبارت چهارم: کاتالیزگر واکنش تجزیهٔ هیدروژن پراکسید (KI) است و داریم: (گونهٔ کاهنده Cu است.)

$$?\,g\,KI = 3/84g\,Cu \times \frac{1mol\,Cu}{64g\,Cu} \times \frac{8mol\,I^-}{3mol\,Cu} \times \frac{1mol\,KI}{1mol\,I^-} \times \frac{166g\,KI}{1mol\,KI} = 26/56g\,KI$$

فصل هشتم: آزمون جامع ۳

۱ ۱ در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» گاز ورودی به آند، هیدروژن و گاز خروجی از آن، هیدروژن مصرف نشده است، همچنین گاز ورودی به کاتد، اکسیژن و گاز خروجی از آن، اکسیژن مصرف نشده و بخار آب تولید شده است. ابتدا جرم گاز اکسیژن مصرف شده را x گرم و جرم بخار آب تولید شده را y گرم در نظر می‌گیریم و نسبت x به y را محاسبه می‌کنیم:

$$2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$$

$$y\,g\,H_2O = x\,g\,O_2 \times \frac{1mol\,O_2}{32g\,O_2} \times \frac{2mol\,H_2O}{1mol\,O_2} \times \frac{18g\,H_2O}{1mol\,H_2O} \Rightarrow y = \frac{9}{8}x \quad (I)$$

از طرفی می‌دانیم که جرم گاز اکسیژن مصرف نشده برابر $(200-x)$ گرم است، پس داریم:

$$\text{بخار آب تولید شده} + \text{گاز اکسیژن مصرف نشده} = \text{گاز خروجی از کاتد} \Rightarrow (200-x) + y = 216 \Rightarrow y - x = 16 \quad (II)$$

در ادامه به کمک روابط (I) و (II)، x و y را محاسبه می‌کنیم:

$$\xrightarrow{(I),(II)}\begin{cases} y=\frac{۹}{۸}x \\ y-x=۱۶ \end{cases} \Rightarrow x=۱۲۸\,g\,,\ y=۱۴۴g$$

سپس جرم گاز هیدروژن مصرف شده را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\,H_۲=۱۲۸g\,O_۲\times\frac{۱mol\,O_۲}{۳۲g\,O_۲}\times\frac{۲mol\,H_۲}{۱mol\,O_۲}\times\frac{۲g\,H_۲}{۱mol\,H_۲}=۱۶g\,H_۲$$

پس ۱۸۴g (۱۶–۲۰۰) از گاز هیدروژن که مصرف نشده است از آند خارج می‌شود.

۱ ۲ با توجه به عدد مثبت ولت‌سنج ، الکترود آهن نقش آند و الکترود مس نقش کاتد را دارد:

$$Fe(s)+Cu^{۲+}(aq)\rightarrow Fe^{۲+}(aq)+Cu(s)$$

در ازای تبادل هر دو مول الکترون، یک مول آهن (۵۶g) مصرف و یک مول مس (۶۴g) تولید می‌شود و اختلاف جرم این دو تیغه ۵۶+۶۴=۱۲۰g تغییر می‌کند. در این سؤال مقدار ۳ گرم اختلاف جرم این دو تیغه کاهش یافته است، پس تغییر جرم تیغهٔ آهنی برابر است با:

$$?g\,Fe=۳g\ \text{تغییر جرم}\times\frac{۱mol\,Fe}{۱۲۰g\ \text{تغییر جرم}}\times\frac{۵۶g\,Fe}{۱mol\,Fe}=۱/۴g\,Fe$$

در ادامه مقدار الکترون مبادله شده در سلول گالوانی و سرعت متوسط مبادلهٔ الکترون را برحسب $mol.min^{-۱}$ به‌دست می‌آوریم:

$$?mol\,e^-=۳g\ \text{تغییر جرم}\times\frac{۲mol\,e^-}{۱۲۰g\ \text{تغییر جرم}}=۰/۰۵mol\,e^-$$

پس سرعت تبادل الکترون برابر است با:

$$\bar{R}(e^-)=\frac{\Delta n(e^-)}{\Delta t}=\frac{۰/۰۵mol\,e^-}{(\frac{۱۰}{۶۰})min}=۰/۳mol.min^{-۱}$$

۳ ۲ در اثر خوردگی، فلز روی به دلیل E° کمتر، اکسایش یافته و اکسیژن دچار کاهش می‌شود:

نیم‌واکنش اکسایش: $۲(Zn(s)\rightarrow Zn^{۲+}(aq)+۲e^-)$

نیم‌واکنش کاهش: $O_۲(g)+۲H_۲O(l)+۴e^-\rightarrow ۴OH^-(aq)$

واکنش کلی: $۲Zn(s)+O_۲(g)+۲H_۲O(l)\rightarrow ۲Zn^{۲+}(aq)+۴OH^-(aq)$

با توجه به ضرایب استوکیومتری داریم:

$$\bar{R}(Zn)=\frac{۱}{۲}\bar{R}(OH^-)=\frac{۱}{۲}\times۰/۰۲mol.min^{-۱}=۰/۰۱mol.min^{-۱}$$

در ادامه، مقدار Zn خورده شده در ۵ دقیقه را محاسبه می‌کنیم:

$$?g\,Zn=۵min\times\frac{۰/۰۱mol\,Zn}{۱min}\times\frac{۶۵g\,Zn}{۱mol\,Zn}=۳/۲۵g\,Zn$$

سپس مقدار Zn باقی مانده روی جسم را به‌دست می‌آوریم:

مقدار باقیمانده Zn = ۴/۵۵–۳/۲۵=۱/۳g Zn

واکنش فلز روی با محلول نیتریک اسید:

$$Zn(s)+۲HNO_۳(aq)\rightarrow Zn(NO_۳)_۲(aq)+H_۲(g)$$

مقدار مول H^+ موجود در محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$?mol\,H^+=۱/۳g\,Zn\times\frac{۱mol\,Zn}{۶۵g\,Zn}\times\frac{۲mol\,HNO_۳}{۱mol\,Zn}\times\frac{۱mol\,H^+}{۱mol\,HNO_۳}\times\frac{۱۰۰}{۸۰}=۰/۰۵mol\,H^+$$

غلظت یون H^+ در محلول برابر است با:

$$[H^+]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۰۵mol}{۱۰L}=۵\times۱۰^{-۳}\,mol.L^{-۱}$$

اکنون pH محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=-\log[H^+]=-\log(۵\times۱۰^{-۳})=۳-\log۵=۳-۰/۷=۲/۳$$

۴ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های انجام شده به صورت روبه‌رو است:

معادلهٔ واکنش ترمیت: $۲Al(s)+Fe_۲O_۳(s)\rightarrow Al_۲O_۳(s)+۲Fe(l)$

معادلهٔ واکنش فرایند هال: $۲Al_۲O_۳(s)+۳C(s)\rightarrow ۴Al(s)+۳CO_۲(g)$

سوختن پروپانول مایع: $۲C_۳H_۸O(l)+۹O_۲(g)\rightarrow ۶CO_۲(g)+۸H_۲O(g)$

اکسایش کامل آهن: $۴Fe(s)+۳O_۲(g)+۶H_۲O(l)\rightarrow ۴Fe(OH)_۳(s)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?L\,C_۳H_۸O=۵/۴\times۱۰^۳g\,Al\times\frac{۱mol\,Al}{۲۷g\,Al}\times\frac{۳mol\,CO_۲}{۴mol\,Al}\times\frac{۲mol\,C_۳H_۸O}{۶mol\,CO_۲}\times\frac{۶۰g\,C_۳H_۸O}{۱mol\,C_۳H_۸O}\times\frac{۱mL\,C_۳H_۸O}{۰/۸g\,C_۳H_۸O}\times\frac{۱L}{۱۰^۳mL}=۳/۷۵L\,C_۳H_۸O$$

$$?g\,O_۲=۵/۴\times۱۰^۳g\,Al\times\frac{۱mol\,Al}{۲۷g\,Al}\times\frac{۲mol\,Al_۲O_۳}{۴mol\,Al}\times\frac{۲mol\,Fe}{۱mol\,Al_۲O_۳}\times\frac{۳mol\,O_۲}{۴mol\,Fe}\times\frac{۳۲g\,O_۲}{۱mol\,O_۲}=۴۸۰۰g\,O_۲$$

روش دوم (تناسب): با یکسان کردن ضرایب کربن دی‌اکسید در دو واکنش هال و سوختن پروپان مایع به عنوان مادهٔ مشترک داریم: $8Al \sim 2C_3H_8O$

$$\frac{\text{گرم Al}}{\text{جرم مولی×ضریب}}=\frac{\text{چگالی×لیتر پروپانول}}{\text{جرم مولی×ضریب}}\Rightarrow\frac{5/4\times10^3}{8\times27}=\frac{x\times10^3\times0/8}{2\times60}\Rightarrow x=3/75L\,C_3H_8O$$

با یکسان کردن ضرایب Al_2O_3 و Fe در واکنش‌ها به عنوان مواد مشترک داریم: $4Al \sim 3O_2$

$$\frac{\text{گرم Al}}{\text{جرم مولی×ضریب}}=\frac{\text{گرم }O_2}{\text{جرم مولی×ضریب}}\Rightarrow\frac{5/4\times10^3}{4\times27}=\frac{x}{3\times32}\Rightarrow x=4800g\,O_2$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{5/4\times10^3\times3\times2\times60}{27\times4\times6\times0/8\times10^3}=?\xrightarrow{\text{دسته‌بندی}}\frac{\overset{2}{\cancel{54}}\times3\times\overset{1}{\cancel{2}}\times\cancel{6}}{\cancel{27}\times\cancel{4}\times\cancel{6}\times\cancel{8}}\times\frac{10^{-1}\times10^3\times10}{10^{-1}\times10^3}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{2\times3}{2\times8}\times10=3/75$$

۵ ۳ ابتدا واکنش‌های اکسایش و کاهش انجام شده را بررسی می‌کنیم:

عدد اکسایش Mn در MnO_4^- برابر ۷+ است، پس با گرفتن ۷ الکترون به Mn تبدیل شده است و طبق اطلاعات مسئله، واکنش آندی، اکسایش مولکول‌های آب است:

$$\text{نیم‌واکنش اکسایش}: 2H_2O(l)\rightarrow O_2(g)+4e^-+4H^+(aq),\quad \text{نیم‌واکنش کاهش}: MnO_4^-(aq)+7e^-\rightarrow Mn(s)$$

* **توجه** معادلهٔ اصلی نیم واکنش کاهش به صورت $MnO_4^-(aq)+8H^+(aq)+7e^-\rightarrow Mn(s)+4H_2O(l)$ است ولی برای حل مسئله، فقط دانستن این‌که عدد اکسایش اتم منگنز، ۷ واحد تغییر می‌کند و به ازای اکسایش یک مول MnO_4^-، ۷ مول الکترون مبادله می‌شود، کافی است و نیازی به نوشتن معادلهٔ اصلی نیم واکنش نیست. تعداد قطعه‌های آبکاری شده برابر است با: $?\,\text{قطعه}=19/6L\,O_2\times\frac{1molO_2}{22/4L\,O_2}\times\frac{4mole^-}{1molO_2}\times\frac{1molMn}{7mole^-}\times\frac{55gMn}{1molMn}\times\frac{\text{۱ قطعه}}{0/55gMn}=50\,\text{قطعه}$

میانبر محاسباتی

$$\frac{4\times19/6\times55}{22/4\times7\times0/55}=?\xrightarrow{\text{دسته‌بندی}}\frac{\overset{28}{\cancel{4}}\times196\times\overset{1}{\cancel{55}}}{224\times7\times\underset{56}{\cancel{55}}}\times\frac{10^{-1}}{10^{-1}\times10^{-2}}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{28}{56}\times100=50$$

پاسخ تشریحی — آزمون‌های جامع فصل نهم

فصل نهم: آزمون کنکور

۱ ۲ اگر جرم اولیهٔ خاک رس را برابر ۱۰۰ گرم در نظر بگیریم، جرم سیلیس و رطوبت موجود در آن به‌ترتیب برابر با ۳۶ و ۱۰ گرم است؛ اگر جرم آب اضافه شده به این نمونه خاک برابر x گرم باشد، داریم:

$$\%H_2O\ (\text{جدید}) = \frac{\text{جرم } H_2O}{\text{جرم نمونه}} \times 100 \Rightarrow 20 = \frac{10+x}{100+x} \times 100 \Rightarrow x = 12/5\,g$$

با اضافه کردن آب، جرم سیلیس بدون تغییر باقی مانده و جرم نمونه خاک به $112/5\,g\ (100+12/5)$ می‌رسد، پس درصد جرمی سیلیس در نمونهٔ جدید برابر است با:

$$\%SiO_2\ (\text{جدید}) = \frac{\text{جرم } SiO_2}{\text{جرم نمونه}} \times 100 = \frac{36}{112/5} \times 100 = \%32$$

۲ ۳ معادلهٔ گرماشیمیایی فرایند فروپاشی شبکهٔ MgO به‌صورت مقابل است:

$$MgO(s) + 3700\,kJ \rightarrow Mg^{2+}(g) + O^{2-}(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ = 0/12\,mol(Mg^{2+}, O^{2-}) \times \frac{3700\,kJ}{2\,mol(Mg^{2+}, O^{2-})} = 222\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول فراوردهٔ گازی}}{\text{مجموع ضرایب فراورده‌های گازی}} = \frac{Q}{\Delta H} \Rightarrow \frac{0/12}{2} = \frac{Q}{3700} \Rightarrow Q = 222\,kJ$$

۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده به‌صورت زیر است:

$$FeCl_3(aq) + 3NaOH(aq) \rightarrow Fe(OH)_3(s) + 3NaCl(aq)$$

$$Fe_2O_3(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2FeCl_3(aq) + 3H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم آهن موجود در Fe_2O_3 مصرفی را محاسبه می‌کنیم. دقت کنید که در هر مول Fe_2O_3، ۲ مول Fe وجود دارد.

$$?\,g\,Fe = 5/35\,g\,Fe(OH)_3 \times \frac{1\,mol\,Fe(OH)_3}{107\,g\,Fe(OH)_3} \times \frac{1\,mol\,FeCl_3}{1\,mol\,Fe(OH)_3} \times \frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{2\,mol\,FeCl_3} \times \frac{2\,mol\,Fe}{1\,mol\,Fe_2O_3} \times \frac{56\,g\,Fe}{1\,mol\,Fe} = 2/8\,g\,Fe$$

سپس درصد Fe را در ۲۰ گرم سنگ معدن آهن محاسبه می‌کنیم:

$$\%Fe = \frac{\text{جرم Fe}}{\text{جرم سنگ معدن}} \times 100 = \frac{2/8}{20} \times 100 = \%14$$

روش دوم (تناسب): برای یکسان کردن ضریب $FeCl_3$ در واکنش‌ها، معادلهٔ دوم را دو برابر می‌کنیم و می‌دانیم در هر مول Fe_2O_3، ۲ مول Fe وجود دارد.

$$2\,mol\,Fe(\text{در } Fe_2O_3) \sim 2\,mol\,Fe(OH)_3$$

$$\frac{\text{جرم Fe}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } Fe(OH)_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{x\,g\,Fe}{2 \times 56} = \frac{5/35}{2 \times 107} \Rightarrow x = 2/8\,g\,Fe \qquad \%Fe\ (\text{در سنگ آهن}) = \frac{2/8}{20} \times 100 = \%14$$

۴ ۱ قسمت اول: فرض می‌کنیم که جرم نمونهٔ ناخالص اولیه برابر ۱۰۰ گرم باشد. در این صورت در این نمونه ۸۸ گرم Na_2SO_4 و ۱۰ گرم آب وجود دارد. اگر این نمونه، x گرم آب (رطوبت) جذب کند، خواهیم داشت:

$$\text{درصد جرمی آب در نمونهٔ نهایی} = \frac{10+x}{100+x} \times 100 = 20 \Rightarrow x = 12/5\,g$$

به این‌ترتیب، در نمونهٔ نهایی که جرم آن برابر $112/5\,g\ (100+12/5)$ است، ۸۸ گرم نمک Na_2SO_4 وجود دارد؛ بنابراین:

$$\text{درصد جرمی نمک در نمونهٔ نهایی} = \frac{\text{جرم نمک}}{\text{جرم نمونهٔ ناخالص نهایی}} \times 100 = \frac{88}{112/5} \times 100 \simeq \%78/2$$

قسمت دوم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$Na_2SO_4(aq) + BaCl_2(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + BaSO_4(s)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,BaSO_4 = 35/5\,g\ \text{نمونهٔ ناخالص} \times \frac{88\,g\,Na_2SO_4}{100\,g\ \text{نمونهٔ ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,Na_2SO_4}{142\,g\,Na_2SO_4} \times \frac{1\,mol\,BaSO_4}{1\,mol\,Na_2SO_4} \times \frac{233\,g\,BaSO_4}{1\,mol\,BaSO_4} = 51/26\,g\,BaSO_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم نمونهٔ ناخالص } Na_2SO_4 \times \frac{P}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } BaSO_4}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{35/5 \times \frac{88}{100}}{142 \times 1} = \frac{x}{233 \times 1} \Rightarrow x = 51/26\,g\,BaSO_4$$

۵ ۳ نقره برخلاف منیزیم، در سری الکتروشیمیایی بالاتر از هیدروژن قرار دارد و نمی‌تواند با HCl واکنش دهد؛ بنابراین کاهش غلظت محلول هیدروکلریک اسید، تنها به دلیل واکنش فلز منیزیم با HCl است.

$$Ag(s) + HCl(aq) \rightarrow$$ واکنش انجام نمی‌شود.

$$Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$$

در اثر این واکنش، غلظت محلول اسید، به اندازهٔ $۰/۵mol.L^{-۱}$ کاهش می‌یابد. کاهش غلظت هیدروکلریک اسید $=۰/۸-۰/۳=۰/۵mol.L^{-۱}$

حال جرم منیزیم موجود در مخلوط اولیه را به یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Mg=۲۰۰mL\,\text{محلول}\times\frac{۱\,L\,\text{محلول}}{۱۰۰۰mL\,\text{محلول}}\times\frac{۰/۵mol\,HCl}{۱\,L\,\text{محلول}}\times\frac{۱\,mol\,Mg}{۲mol\,HCl}\times\frac{۲۴g\,Mg}{۱\,mol\,Mg}=۱/۲g\,Mg$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت اسید}\times\text{لیتر اسید}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم منیزیم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۰/۲\times۰/۵}{۲}=\frac{x}{۲۴\times۱}\Rightarrow x=۱/۲g\,Mg$$

اکنون درصد جرمی نقره و مقدار مول منیزیم موجود در مخلوط اولیه را به‌دست می‌آوریم:

جرم منیزیم $=$ جرم مخلوط $-$ جرم نقره $=۱۰-۱/۲=۸/۸g$

$$\text{درصد جرمی نقره}=\frac{\text{جرم نقره}}{\text{جرم مخلوط}}\times۱۰۰=\frac{۸/۸}{۱۰}\times۱۰۰=٪۸۸$$

$$\text{مقدار مول منیزیم موجود در مخلوط اولیه}=۱/۲g\,Mg\times\frac{۱\,mol\,Mg}{۲۴g\,Mg}=۰/۰۵mol\,Mg$$

۶ ۱ می‌دانیم که منیزیم یون پایدار $Mg^{۲+}$ تشکیل می‌دهد؛ ابتدا شعاع یون $Mg^{۲+}$ را برحسب pm به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{\text{بار}}{\text{شعاع}}=۳/۰۳\times۱۰^{-۲}\,\frac{e}{pm}\Rightarrow\frac{+۲}{\text{شعاع}}=۳/۰۳\times۱۰^{-۲}\Rightarrow\text{شعاع}=۶۶pm$$

سپس این شعاع یون را برحسب نانومتر (nm) محاسبه می‌کنیم:

$$\text{شعاع یون}\,Mg^{۲+}\,\text{برحسب نانومتر}=۶۶pm\times\frac{۱۰^{-۱۲}\,m}{۱\,pm}\times\frac{۱۰^{۹}\,nm}{۱\,m}=۰/۰۶۶nm$$

۷ ۴ ابتدا بار یون وانادیم حاصل را $(+n)$ در نظر گرفته و معادلهٔ واکنش را نوشته و موازنه می‌کنیم:

$$۲V^{۵+}(aq)+(۵-n)\,Zn(s)\rightarrow ۲V^{n+}(aq)+(۵-n)\,Zn^{۲+}(aq)$$

سپس به کمک داده‌های مسئله، مقدار n را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$۰/۲L\,\text{محلول}\times\frac{۰/۰۲۵mol\,V^{۵+}}{۱\,L\,\text{محلول}}\times\frac{(۵-n)\,mol\,Zn}{۲mol\,V^{۵+}}\times\frac{۶۵g\,Zn}{۱\,mol\,Zn}\times\frac{۱۰^{۳}\,mg\,Zn}{۱\,g\,Zn}=۳۲۵mg\,Zn\Rightarrow n=۳$$

یون وانادیم به‌صورت $V^{۳+}$ است و در محلول به رنگ سبز است.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت}\times\text{لیترمحلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم Zn}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۰/۲\times۰/۰۲۵}{۲}=\frac{۳۲۵\times۱۰^{-۳}}{(۵-n)\times۶۵}\Rightarrow n=۳$$

یون وانادیم به‌صورت $V^{۳+}$ است و در محلول به رنگ سبز است.

۸ ۴ ۰/۳۹ گرم فلز روی معادل $۶\times۱۰^{-۳}\,mol$ $\left(\frac{۰/۳۹\,g}{۶۵\,g.mol^{-۱}}\right)$ فلز روی است، پس به ازای هر ۲ مول وانادیم (V) کلرید در محلول، یک مول فلز روی داریم:

$$\frac{۰/۰۱۲\,mol\,VCl_۵}{۰/۰۰۶\,mol\,Zn}=\frac{۲}{۱}$$

$$۲VCl_۵(aq)+Zn(s)\rightarrow ZnCl_۲(aq)+۲VCl_n(aq)\qquad Cl:\ ۲\times۵=۲+(۲\times n)\Rightarrow n=۴$$

بنابراین عدد اکسایش وانادیم برابر ۴+ بوده و رنگ محلول آن، آبی‌رنگ است.

۹ ۴ رنگ محلول نمک‌های وانادیم با عددهای اکسایش متفاوت به‌صورت زیر است:

عدد اکسایش وانادیم	+۵	+۴	+۳	+۲
رنگ محلول	زرد	آبی	سبز	بنفش

اگر عدد اکسایش وانادیم برابر با ۲ باشد، محلول به رنگ بنفش درمی‌آید؛ بنابراین n در معادلهٔ واکنش برابر ۲ بوده و معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت زیر است:

$$۲VCl_۵+۳Zn\rightarrow ۳ZnCl_۲+۲VCl_۲$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,VCl_۵=۳/۹g\,Zn\times\frac{۱\,mol\,Zn}{۶۵g\,Zn}\times\frac{۲\,mol\,VCl_۵}{۳mol\,Zn}=۰/۰۴mol\,VCl_۵$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول }VCl_۵}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم Zn}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,mol\,VCl_۵}{۲}=\frac{۳/۹}{۳\times۶۵}\Rightarrow x=۰/۰۴mol\,VCl_۵$$

فصل نهم: آزمون جامع ۱

۱ ۱ با حذف یک ماده از یک مخلوط، درصد جرمی سایر مواد باقی مانده افزایش می‌یابد. توجه کنید افزایش درصد جرمی ماده‌ای بیشتر است که در نمونهٔ اولیه درصد جرمی بالاتری دارد. از این‌رو با خشک شدن نمونهٔ خاک رس، درصد جرمی SiO_2 بیشتر از سایر مواد افزایش می‌یابد. اگر جرم نمونهٔ اولیه از خاک رس را ۱۰۰ گرم در نظر بگیریم، در اثر خشک شدن این نمونه خاک رس، ۱۳/۳۲ گرم از جرم آن کاسته می‌شود و درصد جرمی SiO_2 در نمونهٔ خشک برابر است با:

$$\text{درصد جرمی جدید } SiO_2 \text{ در نمونهٔ خشک} = \frac{\text{جرم } SiO_2}{\text{جرم نمونهٔ خشک}} \times ۱۰۰ = \frac{۴۶/۲۰}{۱۰۰ - ۱۳/۳۲} \times ۱۰۰ \simeq ٪۵۳/۳$$

۲ ۳ درصد جرمی X در XSO_4 برابر ۴۰ درصد است. پس:

$$\text{درصد جرمی X} = \frac{\text{جرم X}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ۴۰ = \frac{X}{X+۹۶} \times ۱۰۰ \Rightarrow X = ۶۴ g.mol^{-۱}$$

در ترکیب XSO_4 از یون $X^{۲+}$ استفاده شده است. پس فرمول کلرید X به صورت XCl_2 است:

$$\text{درصد جرمی X} = \frac{\text{جرم X}}{\text{جرم کل ترکیب}} \times ۱۰۰ = \frac{۶۴}{۶۴ + (۲ \times ۳۵/۵)} \times ۱۰۰ = \frac{۶۴}{۱۳۵} \times ۱۰۰ \simeq ٪۴۷/۴$$

۳ ۲ با توجه به نسبت جرمی ۲ به ۳ برای این دو کود شیمیایی، ۲۰۰ گرم کود دارای آمونیوم نیترات و ۳۰۰ گرم کود دارای اوره و آمونیاک را در نظر می‌گیریم و جرم نیتروژن و اکسیژن موجود در هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

آمونیوم نیترات:

$$?\,g\,N\,(\text{در آمونیوم نیترات}) = ۲۰۰ g \text{ کود} \times \frac{۴۰ g\,NH_4NO_3}{۱۰۰ g \text{ کود}} \times \frac{۱ mol\,NH_4NO_3}{۸۰ g\,NH_4NO_3} \times \frac{۲ mol\,N}{۱ mol\,NH_4NO_3} \times \frac{۱۴ g\,N}{۱ mol\,N} = ۲۸ g\,N$$

$$?\,g\,O\,(\text{در آمونیوم نیترات}) = ۲۰۰ g \text{ کود} \times \frac{۴۰ g\,NH_4NO_3}{۱۰۰ g \text{ کود}} \times \frac{۱ mol\,NH_4NO_3}{۸۰ g\,NH_4NO_3} \times \frac{۳ mol\,O}{۱ mol\,NH_4NO_3} \times \frac{۱۶ g\,O}{۱ mol\,O} = ۴۸ g\,O$$

اوره:

$$?\,g\,N\,(\text{در اوره}) = ۳۰۰ g \text{ کود} \times \frac{۱۵ g\,CO(NH_2)_2}{۱۰۰ g \text{ کود}} \times \frac{۱ mol\,CO(NH_2)_2}{۶۰ g\,CO(NH_2)_2} \times \frac{۲ mol\,N}{۱ mol\,CO(NH_2)_2} \times \frac{۱۴ g\,N}{۱ mol\,N} = ۲۱ g\,N$$

$$?\,g\,O\,(\text{در اوره}) = ۳۰۰ g \text{ کود} \times \frac{۱۵ g\,CO(NH_2)_2}{۱۰۰ g \text{ کود}} \times \frac{۱ mol\,CO(NH_2)_2}{۶۰ g\,CO(NH_2)_2} \times \frac{۱ mol\,O}{۱ mol\,CO(NH_2)_2} \times \frac{۱۶ g\,O}{۱ mol\,O} = ۱۲ g\,O$$

آمونیاک:

$$?\,g\,N\,(\text{در آمونیاک}) = ۳۰۰ g \text{ کود} \times \frac{۳۴ g\,NH_3}{۱۰۰ g \text{ کود}} \times \frac{۱ mol\,NH_3}{۱۷ g\,NH_3} \times \frac{۱ mol\,N}{۱ mol\,NH_3} \times \frac{۱۴ g\,N}{۱ mol\,N} = ۸۴ g\,N$$

پس در کل $۱۳۳ g$ $(۸۴+۲۱+۲۸)$ اتم نیتروژن و $۶۰ g$ $(۴۸+۱۲)$ اتم اکسیژن در این ۵۰۰ گرم کود وجود دارد.

$$\text{درصد جرمی N} = \frac{۱۳۳}{۵۰۰} \times ۱۰۰ = ٪۲۶/۶ \quad , \quad \text{درصد جرمی O} = \frac{۶۰}{۵۰۰} \times ۱۰۰ = ٪۱۲$$

اختلاف درصد جرمی این دو عنصر در این نمونه کود ترکیبی برابر $۱۴/۶ (۲۶/۶ - ۱۲)$ است.

۴ ۱ حداکثر گرمای جذب شده توسط سدیم کلرید مذاب را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta = ۱۳۸۰ - ۸۵۰ = ۵۳۰^\circ C, \quad Q = ۱۰۰۰۰ \times ۰/۸۵ \times ۵۳۰ = ۴۵۰۵۰۰ J = ۴۵۰۵ kJ$$

برای تبدیل آب $۵۰^\circ C$ به بخار $۱۰۰^\circ C$ باید دو مرحله طی شود. Q_1 برای تبدیل آب $۵۰^\circ C$ به آب $۱۰۰^\circ C$ و Q_2 برای تبدیل آب $۱۰۰^\circ C$ به بخار $۱۰۰^\circ C$ است.

گرمای لازم برای تبدیل یک کیلوگرم آب $۵۰^\circ C$ به بخار $۱۰۰^\circ C$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\left.\begin{aligned} Q_1 &= mc\Delta\theta = ۱۰۰۰ \times ۴/۲ \times (۱۰۰ - ۵۰) = ۲۱۰۰۰۰ J = ۲۱۰ kJ \\ Q_2 &= ۱۰۰۰ g\,H_2O \times \frac{۱ mol\,H_2O}{۱۸ g\,H_2O} \times \frac{۴۱/۴ kJ}{۱ mol\,H_2O} = ۲۳۰۰ kJ \end{aligned}\right\} \Rightarrow Q_{\text{کل}} = Q_1 + Q_2 = ۲۱۰ + ۲۳۰۰ = ۲۵۱۰ kJ$$

برای تبدیل هر کیلوگرم آب $۵۰^\circ C$ به بخار $۱۰۰^\circ C$، مقدار $۲۵۱۰ kJ$ گرما لازم است. اکنون جرم آب را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kg\,H_2O = ۴۵۰۵ kJ \times \frac{۱ kg\,H_2O}{۲۵۱۰ kJ} = ۱/۷۹ kg\,H_2O$$

۵ ۴ حجم گرافیت و سیلیسیم کربید را به ترتیب $۰/۸V$ و V سانتی‌متر مکعب در نظر می‌گیریم و پس از محاسبهٔ جرم هر کدام، V را به‌دست می‌آوریم:

$$\left.\begin{aligned} \text{چگالی گرافیت} &= \frac{\text{جرم گرافیت}}{\text{حجم گرافیت}} \Rightarrow ۲/۲۵ = \frac{x}{۰/۸V} \Rightarrow x = ۱/۸V\,g\,C \\ \text{چگالی SiC} &= \frac{\text{جرم SiC}}{\text{حجم SiC}} \Rightarrow ۳/۲ = \frac{y}{V} \Rightarrow y = ۳/۲V\,g\,SiC \end{aligned}\right\} \Rightarrow \text{مجموع جرم مخلوط} = ۱/۸V + ۳/۲V = ۲۵۰ \Rightarrow V = ۵۰ cm^3$$

جرم کربن در هر ماده برابر است با: گرافیت: $?\,g\,C=۱/۸\times(۵۰)g\,C=۹۰g\,C$

SiC: $?\,g\,C=۳/۲\times(۵۰)g\,SiC\times\frac{۱\,mol\,SiC}{۴۰g\,SiC}\times\frac{۱\,mol\,C}{۱\,mol\,SiC}\times\frac{۱۲g\,C}{۱\,mol\,C}=۴۸g\,C$

پس درصد جرمی عنصر کربن در مخلوط برابر است با: $\text{درصد جرمی}=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰=\frac{۹۰+۴۸}{۲۵۰}\times۱۰۰=٪۵۵/۲$

۶ ۱ ابتدا آنتالپی واکنش تولید یک مول کلسیم کلرید از کلسیم و گاز کلر را محاسبه می‌کنیم:

واکنش هدف، معادلهٔ واکنش تولید کلسیم کلرید از کلسیم و گاز کلر است: $Ca(s)+Cl_۲(g)\rightarrow CaCl_۲(s)$

واکنش (۱) بدون تغییر: $۱)\ Ca(s)\rightarrow Ca(g)\qquad \Delta H'_۱=۱۹۲kJ$

واکنش (۲) قرینه: $۲)\ Ca(g)\rightarrow Ca^{۲+}(g)+۲e^-\qquad \Delta H'_۲=۱۷۳۶kJ$

واکنش (۳) قرینه: $۳)\ Cl_۲(g)\rightarrow ۲Cl(g)\qquad \Delta H'_۳=۲۴۳kJ$

واکنش (۴) دو برابر: $۴)\ ۲Cl(g)+۲e^-\rightarrow ۲Cl^-(g)\qquad \Delta H'_۴=-۶۹۶kJ$

معادلهٔ فروپاشی شبکهٔ کلسیم کلرید را قرینه می‌نویسیم: $۵)\ Ca^{۲+}(g)+۲Cl^-(g)\rightarrow CaCl_۲(s)\qquad \Delta H'_۵=-۲۲۷۰kJ$

واکنش هدف: $Ca(s)+Cl_۲(g)\rightarrow CaCl_۲(s)\ ,\Delta H=\Delta H'_۱+\Delta H'_۲+\Delta H'_۳+\Delta H'_۴+\Delta H'_۵=-۷۹۵kJ$

سپس مقدار گرمای آزاد شده به ازای تولید ۲/۲۲ گرم کلسیم کلرید را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل): $?\,kJ=۲/۲۲g\,CaCl_۲\times\frac{۱\,mol\,CaCl_۲}{۱۱۱g\,CaCl_۲}\times\frac{۷۹۵kJ}{۱\,mol\,CaCl_۲}=۱۵/۹kJ$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{گرم } CaCl_۲}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{|Q|}{\Delta H}\Rightarrow\frac{۲/۲۲}{۱\times۱۱۱}=\frac{|Q|}{۷۹۵}\Rightarrow|Q|=۱۵/۹kJ$

۷ ۱ ابتدا شمارهٔ گروه عنصر X را مشخص می‌کنیم: (مجموع الکترون‌های پیوندی و ناپیوندی)−(مجموع الکترون‌های ظرفیتی اتم‌ها)=بار یون چندتایی

$\Rightarrow -۲=(X+۴(۶))-(۱۶\times۲)\Rightarrow X=۶\Rightarrow$ X متعلق به گروه ۱۶ است.

پس X عنصر گوگرد است و آنیون چند اتمی حاصل $SO_۴^{۲-}$ (یون سولفات) است. ترکیب یونی بین منیزیم و یون سولفات به صورت $MgSO_۴$ است و درصد جرمی Mg برابر است با: $\text{درصد جرمی Mg}=\frac{\text{جرم Mg}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰=\frac{۲۴}{۲۴+۳۲+۶۴}\times۱۰۰=٪۲۰$

شمار اتم‌های اکسیژن در ۴۸ گرم منیزیم سولفات و ۳۰ گرم سیلیس را محاسبه می‌کنیم: (کافی است شمار مول‌های اکسیژن را محاسبه کنیم.)

$?\,mol\,O=۴۸g\,MgSO_۴\times\frac{۱\,mol\,MgSO_۴}{۱۲۰g\,MgSO_۴}\times\frac{۴mol\,O}{۱\,mol\,MgSO_۴}=۱/۶mol\,O\ ,\quad ?\,mol\,O=۳۰g\,SiO_۲\times\frac{۱\,mol\,SiO_۲}{۶۰g\,SiO_۲}\times\frac{۲mol\,O}{۱\,mol\,SiO_۲}=۱\,mol\,O$

پس نسبت اتم‌های اکسیژن (مول‌های اکسیژن) در این دو ماده برابر است با:

$\frac{\text{اتم‌های اکسیژن در ۴۸ گرم منیزیم سولفات}}{\text{اتم‌های اکسیژن در ۳۰ گرم سیلیس}}=\frac{\text{مول اکسیژن در ۴۸ گرم منیزیم سولفات}}{\text{مول اکسیژن در ۳۰ گرم سیلیس}}=\frac{۱/۶\,mol}{۱\,mol}=۱/۶$

۸ ۱ ابتدا از روی درصد جرمی گوگرد در SO_x باید x را محاسبه کنیم: $\text{درصد جرمی گوگرد}=\frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰\Rightarrow\frac{۳۲}{۳۲+۱۶x}\times۱۰۰=۴۰\Rightarrow x=۳$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$I)\ Na_۲SiO_۳+۸HF\rightarrow H_۲SiF_۶+۲NaF+۳H_۲O$

سوختن سومین عضو سیکلوآلکان:

$II)\ ۲C_۵H_{۱۰}+۱۵O_۲\rightarrow ۱۰CO_۲+۱۰H_۲O$

$?\,g\,NaF=۴۸/۸g\,Na_۲SiO_۳\times\frac{۱\,mol\,Na_۲SiO_۳}{۱۲۲g\,Na_۲SiO_۳}\times\frac{۲mol\,NaF}{۱\,mol\,Na_۲SiO_۳}\times\frac{۴۲g\,NaF}{۱\,mol\,NaF}\times\underbrace{\frac{۷۵}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}}=۲۵/۲g\,NaF$

$?\,g\,C_۵H_{۱۰}=۴۸/۸g\,Na_۲SiO_۳\times\frac{۱\,mol\,Na_۲SiO_۳}{۱۲۲g\,Na_۲SiO_۳}\times\frac{۳mol\,H_۲O(I)}{۱\,mol\,Na_۲SiO_۳}\times\frac{۱\,mol\,H_۲O(II)}{۱\,mol\,H_۲O(I)}\times\frac{۲mol\,C_۵H_{۱۰}}{۱۰mol\,H_۲O(II)}\times\frac{۷۰g\,C_۵H_{۱۰}}{۱\,mol\,C_۵H_{۱۰}}\times\underbrace{\frac{۷۵}{۱۰۰}}_{\text{بازده درصدی}}=۱۲/۶\,g\,C_۵H_{۱۰}$

۹ ۴ معادلهٔ فروپاشی پتاسیم برمید و کلسیم برمید:

$KBr(s)\rightarrow K^+(g)+Br^-(g);\quad \Delta H=۶۹۰kJ$

$CaBr_۲(s)\rightarrow Ca^{۲+}(g)+۲Br^-(g);\quad \Delta H=۱۹۵۰kJ$

مول پتاسیم برمید را x و مول کلسیم برمید را y در نظر می‌گیریم که به ترتیب x و ۲y مول یون برمید تولید می‌کنند. پس داریم:

$$\begin{cases} ۱۱۹x+۲۰۰y=۴۳/۸ \\ ۸۰x+۱۶۰y=۳۲ \end{cases} \Rightarrow x=۰/۲\,,\ y=۰/۱$$

درصد مولی پتاسیم برمید در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد مولی KBr}=\frac{\text{مول KBr}}{\text{مول کل}}\times۱۰۰=\frac{x}{x+y}\times۱۰۰=\frac{۰/۲}{۰/۳}\times۱۰۰\simeq٪۶۷$$

گرمای لازم برای فروپاشی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,kJ=۰/۲\,mol\,KBr\times\frac{۶۹۰kJ}{۱\,mol\,KBr}=۱۳۸kJ\,,\quad ?\,kJ=۰/۱\,mol\,CaBr_۲\times\frac{۱۹۵۰kJ}{۱\,mol\,CaBr_۲}=۱۹۵kJ$$

پس در مجموع ۱۳۸+۱۹۵=۳۳۳kJ گرما لازم است.

۴ ۱۰ ۱۰۰ سانتی‌متر مکعب از این آلیاژ را در نظر می‌گیریم. ابتدا حجم آهن را V و حجم تیتانیم را (۱۰۰−V) فرض می‌کنیم و جرم هر کدام را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{چگالی Fe}=\frac{\text{جرم Fe}}{\text{حجم Fe}}\Rightarrow۷/۸=\frac{\text{جرم Fe}}{V}\Rightarrow\text{جرم Fe}=۷/۸V\,g\,Fe\,,\quad \text{چگالی Ti}=\frac{\text{جرم Ti}}{\text{حجم Ti}}\Rightarrow۴/۵=\frac{\text{جرم Ti}}{۱۰۰-V}\Rightarrow\text{جرم Ti}=۴/۵(۱۰۰-V)\,g\,Ti$$

سپس با توجه به چگالی آلیاژ، جرم این $۱۰۰cm^۳$ آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{چگالی آلیاژ}=\frac{\text{جرم آلیاژ}}{\text{حجم آلیاژ}}\Rightarrow۵/۶=\frac{\text{جرم آلیاژ}}{۱۰۰}\Rightarrow\text{جرم آلیاژ}=۵۶۰g$$

اکنون V را محاسبه کرده و درصد جرمی آهن در این آلیاژ را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم آلیاژ}=۷/۸V+۴/۵(۱۰۰-V)=۵۶۰\Rightarrow۳/۳V=۱۱۰\Rightarrow V=\frac{۱۰۰}{۳}cm^۳\,,\quad \text{درصد جرمی Fe}=\frac{۷/۸\times\frac{۱۰۰}{۳}}{۵۶۰}\times۱۰۰=\frac{۲۶۰}{۵۶۰}\times۱۰۰\simeq٪۴۶/۴$$

فصل نهم: آزمون جامع ۲

۲ ۱ مجموع عدد اکسایش‌های کربن در ویتامین ث با فرمول $C_۶H_۸O_۶$ برابر است با:

$$C_۶H_۸O_۶\Rightarrow۶C+۸(۱)+۶(-۲)=۰\Rightarrow۶C=۴$$

عدد اکسایش گوگرد در $SO_۳^{۲-}$ و $SO_۴^{۲-}$ را محاسبه می‌کنیم:

$$SO_۳^{۲-}\Rightarrow S+۳(-۲)=-۲\Rightarrow S=۴\,,\quad SO_۴^{۲-}\Rightarrow S+۴(-۲)=-۲\Rightarrow S=۶$$

درصد جرمی اکسیژن در این ترکیب آلی برابر است با:

$$\text{درصد جرمی O}=\frac{\text{جرم O}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰\Rightarrow\frac{۶\times۱۶}{(۶\times۱۲)+(۸\times۱)+(۶\times۱۶)}\times۱۰۰\simeq٪۵۵$$

۲ ۲ ابتدا مقدار مول اولیهٔ گوگرد تری‌اکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,SO_۳=۴۰g\,SO_۳\times\frac{۱\,mol\,SO_۳}{۸۰g\,SO_۳}=۰/۵mol\,SO_۳$$

سپس از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

$$۲SO_۳(g)\rightleftharpoons۲SO_۲(g)+O_۲(g)$$

مول اولیه	۰/۵	۰	۰
تغییر مول	−۲x	+۲x	+x
مول تعادلی	۰/۵−۲x	۲x	x

طبق قانون پایستگی جرم، جرم مخلوط تعادلی برابر ۴۰ گرم است. پس برای محاسبهٔ درصد جرمی گاز اکسیژن داریم:

$$\text{درصد جرمی گاز اکسیژن}=\frac{\text{جرم گاز اکسیژن}}{\text{جرم مخلوط تعادلی}}\times۱۰۰=\frac{۳۲x}{۴۰}\times۱۰۰=۸\Rightarrow x=۰/۱$$

اکنون ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$K=\frac{[SO_۲]^۲[O_۲]}{[SO_۳]^۲}=\frac{(n_{SO_۲})^۲\times n_{O_۲}}{(n_{SO_۳})^۲}\times V^{-۱}=\frac{(۰/۲)^۲\times(۰/۱)}{(۰/۳)^۲}\times\frac{۹}{۲}=۰/۲mol.L^{-۱}$$

۲ ۳ با توجه به آرایش الکترونی آلومینیم و تیتانیم که به ترتیب به صورت $[Ne]۳s^۲۳p^۱$ و $[Ar]۳d^۲۴s^۲$ است، هر کدام به ترتیب دارای ۳ و ۴ الکترون ظرفیتی هستند. ابتدا مقدار مول الکترون موجود در دریای الکترونی قطعهٔ آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,e^-=۲۱۶/۷۲\times۱۰^{۲۳}e^-\times\frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}=۳۶mol\,e^-$$

اگر مقدار مول Al را x و مقدار مول Ti را y در نظر بگیریم:

$$\text{مجموع مول الکترون‌های موجود در آلیاژ}=۳x+۴y=۳۶\ (I)$$

جرم Al، ۱/۵ برابر جرم Ti است، پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{جرم Al}}{\text{جرم Ti}}=\frac{۲۷x}{۴۸y}=۱/۵\Rightarrow۹x=۲۴y\ (II)$$

سپس به کمک معادله‌های (I) و (II)، x و y را به‌دست می‌آوریم:

$$\xrightarrow{(I),\,(II)}\begin{cases}۳x+۴y=۳۶\\ ۹x=۲۴y\end{cases}\Rightarrow x=۸mol\,Al\,,\ y=۳mol\,Ti$$

در ادامه حجم هر فلز را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{چگالی Al}=\frac{\text{جرم Al}}{\text{حجم Al}}\Rightarrow۲/۷=\frac{۲۷\times۸}{V_{Al}}\Rightarrow V_{Al}=۸۰cm^۳\,,\quad \text{چگالی Ti}=\frac{\text{جرم Ti}}{\text{حجم Ti}}\Rightarrow۴/۵=\frac{۴۸\times۳}{V_{Ti}}\Rightarrow V_{Ti}=۳۲cm^۳$$

بنابراین حجم کل این نمونه آلیاژ برابر $(۸۰+۳۲)۱۱۲cm^۳$ است.

۴ ۴ در آلیاژ مس و نقره جرم مس را x گرم و جرم نقره را $(۱۰۰-x)$ گرم در نظر می‌گیریم و داریم:

$$\frac{\text{مول مس}}{\text{مول نقره}}=\frac{\frac{x}{۶۴}}{\frac{۱۰۰-x}{۱۰۸}}=۳\Rightarrow\frac{۱۰۸x}{۶۴۰۰-۶۴x}=۳\Rightarrow ۱۰۸x=۱۹۲۰۰-۱۹۲x\Rightarrow ۳۰۰x=۱۹۲۰۰\Rightarrow x=۶۴$$

پس جرم مس و نقره به ترتیب برابر ۶۴ و ۳۶ گرم است.

آبکاری مس در سطح کاتد (قطعهٔ آهنی) با معادلهٔ نیم‌واکنش مقابل انجام می‌شود: $Cu^{۲+}(aq)+۲e^-\rightarrow Cu(s)$:نیم‌واکنش کاتدی

در ادامه به کمک تعداد الکترون‌های مبادله شده، مقدار مس خارج شده از آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Cu=۷۵/۲۵\times۱۰^{۲۲}e^-\times\frac{۱\,mol\,e^-}{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}e^-}\times\frac{۱\,mol\,Cu}{۲mol\,e^-}\times\frac{۶۴g\,Cu}{۱\,mol\,Cu}=۴۰g\,Cu$$

پس ۴۰ گرم از جرم مس در آلیاژ مس - نقره کاسته شده و به قاشق آهنی اضافه شده است. اکنون درصد جرمی مس در آلیاژ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی مس در آلیاژ}=\frac{۶۴-۴۰}{۱۰۰-۴۰}\times۱۰۰=٪۴۰$$

۵ ۳ ابتدا گرمای داده شده به آب را محاسبه می‌کنیم: $Q=mc\Delta\theta=۱۲/۶۵\times۱۰^۳\times۴/۲\times۱۰=۵۳۱۳۰۰J=۵۳۱/۳kJ$

سپس جرم متان را x گرم و جرم اتان را $(۱۰-x)$ گرم در نظر می‌گیریم و گرمای حاصل از سوختن متان و اتان را محاسبه می‌کنیم:

سوختن متان: $?\,kJ=x\,g\,CH_۴\times\frac{۱\,mol\,CH_۴}{۱۶g\,CH_۴}\times\frac{۸۸۲kJ}{۱\,mol\,CH_۴}=\frac{۴۴۱}{۸}x\,kJ$

سوختن اتان: $?\,kJ=(۱۰-x)g\,C_۲H_۶\times\frac{۱\,mol\,C_۲H_۶}{۳۰g\,C_۲H_۶}\times\frac{۱۵۵۴kJ}{۱\,mol\,C_۲H_۶}=\frac{۲۵۹}{۵}(۱۰-x)\,kJ$

اکنون با توجه به مقدار گرمای داده شده به آب، x را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{۴۴۱}{۸}x+\frac{۲۵۹}{۵}(۱۰-x)=۵۳۱/۳\Rightarrow ۲۲۰۵x+۲۰۷۲۰-۲۰۷۲x=۲۱۲۵۲\Rightarrow ۱۳۳x=۵۳۲\Rightarrow x=۴$$

اکنون درصد جرمی متان در مخلوط اولیه را محاسبه می‌کنیم: $\text{درصد جرمی متان در مخلوط اولیه}=\frac{\text{جرم متان}}{\text{جرم مخلوط}}\times۱۰۰=\frac{۴}{۱۰}\times۱۰۰=٪۴۰$

فصل نهم: آزمون جامع ۳

۱ ۳ جرم کربن را با توجه به حجم گاز کربن دی‌اکسید محاسبه می‌کنیم: (توجه کنید که به ازای سوختن هر مول اتم کربن موجود در کافئین، یک مول گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌شود.)

$$?\,g\,C=۸/۹۶L\,CO_۲\times\frac{۱\,mol\,CO_۲}{۲۲/۴L\,CO_۲}\times\frac{۱\,mol\,C}{۱\,mol\,CO_۲}\times\frac{۱۲g\,C}{۱\,mol\,C}=۴/۸g\,C$$

با توجه به این‌که درصد جرمی اکسیژن $\frac{۱}{۳}$ درصد جرمی کربن است، پس جرم اکسیژن در این ترکیب برابر با $۱/۶g\,(\frac{۴/۸}{۳})$ است. در ۳/۸۸ گرم از این ماده، ۱/۱۲ گرم نیتروژن داریم، باید محاسبه کنیم که در ۹/۷ گرم از آن چند گرم نیتروژن وجود دارد:

$$?\,g\,N=۹/۷g\,\text{کافئین}\times\frac{۱/۱۲g\,N}{۳/۸۸g\,\text{کافئین}}=۲/۸g\,N$$

پس در ۹/۷ گرم از کافئین، ۴/۸ گرم کربن، ۱/۶ گرم اکسیژن و ۲/۸ گرم نیتروژن وجود دارد و مابقی این ترکیب را هیدروژن تشکیل می‌دهد:

$$\text{درصد جرمی هیدروژن}=\frac{۹/۷-(۴/۸+۱/۶+۲/۸)}{۹/۷}\times۱۰۰=\frac{۰/۵}{۹/۷}\times۱۰۰\simeq٪۵/۱۵$$

۲ ۲ فرمول ترکیب آلی اکسیژن‌دار را $C_xH_yO_z$ در نظر می‌گیریم:

$$\frac{\text{درصد جرمی کربن}}{\text{درصد جرمی هیدروژن}}=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم هیدروژن}}=\frac{۱۲x}{y}=۶\Rightarrow y=۲x\Rightarrow C_xH_yO_z\equiv C_xH_{۲x}O_z$$

جرم کربن دی‌اکسید تولیدی را m گرم و جرم بخار آب تولیدی را $(۹/۳-m)$ گرم در نظر می‌گیریم و مقدار m را محاسبه می‌کنیم:

$$C_xH_{۲x}O_z+(\frac{۳x-z}{۲})O_۲\rightarrow xCO_۲+xH_۲O$$

$$(۹/۳-m)g\,H_۲O\times\frac{۱\,mol\,H_۲O}{۱۸g\,H_۲O}\times\frac{x\,mol\,CO_۲}{x\,mol\,H_۲O}\times\frac{۴۴g\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=mg\,CO_۲\Rightarrow ۱۸m=۴۴(۹/۳-m)$$

$$\Rightarrow ۱۸m=۴۰۹/۲-۴۴m\Rightarrow ۶۲m=۴۰۹/۲\Rightarrow m=\frac{۴۰۹/۲}{۶۲}=۶/۶g$$

پس ۶/۶ گرم کربن دی‌اکسید و ۲/۷ گرم آب تولید شده است. سپس جرم کربن و هیدروژن را با استفاده از مقادیر کربن دی‌اکسید و آب تولید شده محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,C=۶/۶g\,CO_۲\times\frac{۱\,mol\,CO_۲}{۴۴g\,CO_۲}\times\frac{۱\,mol\,C}{۱\,mol\,CO_۲}\times\frac{۱۲g\,C}{۱\,mol\,C}=۱/۸g\,C\quad,\quad ?\,g\,H=۲/۷g\,H_۲O\times\frac{۱\,mol\,H_۲O}{۱۸g\,H_۲O}\times\frac{۲mol\,H}{۱\,mol\,H_۲O}\times\frac{۱g\,H}{۱\,mol\,H}=۰/۳g\,H$$

اکنون درصد جرمی اکسیژن در این ترکیب را محاسبه می‌کنیم: $\text{درصد جرمی اکسیژن}=\frac{\text{جرم اتم‌های اکسیژن}}{\text{جرم کل ترکیب}}\times۱۰۰=\frac{۲/۹-(۱/۸+۰/۳)}{۲/۹}\times۱۰۰=\frac{۰/۸}{۲/۹}\times۱۰۰\simeq٪۲۷/۵۹$

اکنون درصد جرمی اکسیژن در ترکیبات داده شده را محاسبه می‌کنیم:

مالتوز ($C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$): $\text{درصد جرمی O در }C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}=\frac{۱۱\times۱۶}{(۱۲\times۱۲)+(۲۲\times۱)+(۱۱\times۱۶)}\times۱۰۰=\frac{۱۷۶}{۳۴۲}\times۱۰۰\simeq٪۵۱/۴۶$

اتیل استات ($C_۴H_۸O_۲$): $\text{درصد جرمی O در }C_۴H_۸O_۲=\frac{۲\times۱۶}{(۴\times۱۲)+(۸\times۱)+(۲\times۱۶)}\times۱۰۰=\frac{۳۲}{۸۸}\times۱۰۰\simeq٪۳۶/۳۶$

بنزوئیک اسید ($C_۷H_۶O_۲$): $\text{درصد جرمی O در }C_۷H_۶O_۲=\frac{۲\times۱۶}{(۷\times۱۲)+(۶\times۱)+(۲\times۱۶)}\times۱۰۰=\frac{۳۲}{۱۲۲}\times۱۰۰\simeq٪۲۶/۲۳$

اوره ($CO(NH_۲)_۲$): $\text{درصد جرمی O در }CO(NH_۲)_۲=\frac{۱\times۱۶}{(۱\times۱۲)+(۱\times۱۶)+۲(۱۴+۲\times۱)}\times۱۰۰=\frac{۱۶}{۶۰}\times۱۰۰\simeq٪۲۶/۶۶$

بنابراین درصد جرمی اکسیژن در ترکیب داده شده از ترکیبات بنزوئیک اسید و اوره بیشتر است.

۳ ۲ واکنش هدف، سوختن هیدرازین است: $N_۲H_۴(l)+O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۲H_۲O(l)\qquad \Delta H=?$

ابتدا ΔH سوختن هیدرازین را به کمک قانون هس محاسبه می‌کنیم:

واکنش (۱) ضرب در $\frac{۱}{۴}$ می‌شود: $\Delta H'=-۲۵۲/۵kJ$

$$۱)\ \frac{۱}{۲}NH_۳(g)+\frac{۳}{۴}N_۲O(g)\rightarrow N_۲(g)+\frac{۳}{۴}H_۲O(l)$$

واکنش (۲) ضرب در $\frac{۳}{۴}$ و سپس قرینه می‌شود: $\Delta H'_۲=۲۳۷/۷۵kJ$

$$۲)\ \frac{۳}{۴}N_۲H_۴(l)+\frac{۳}{۴}H_۲O(l)\rightarrow\frac{۳}{۴}N_۲O(g)+\frac{۹}{۴}H_۲(g)$$

واکنش (۳) ضرب در $\frac{۱}{۴}$ و سپس قرینه می‌شود: $\Delta H'_۳=۳۵/۷۵kJ$

$$۳)\ \frac{۱}{۴}N_۲H_۴(l)+\frac{۱}{۴}H_۲O(l)\rightarrow\frac{۱}{۲}NH_۳(g)+\frac{۱}{۸}O_۲(g)$$

واکنش (۴) ضرب در $\frac{۹}{۴}$ می‌شود: $\Delta H'_۴=-۶۴۳/۵kJ$

$$۴)\ \frac{۹}{۴}H_۲(g)+\frac{۹}{۸}O_۲(g)\rightarrow\frac{۹}{۴}H_۲O(l)$$

واکنش هدف: $N_۲H_۴(l)+O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۲H_۲O(l)\qquad \Delta H=\Delta H'_۱+\Delta H'_۲+\Delta H'_۳+\Delta H'_۴=-۶۲۲/۵kJ$

سپس مقدار گرمای حاصل از سوختن ۶۴ گرم هیدرازین را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ=۶۴g\,N_۲H_۴\times\frac{۱\,mol\,N_۲H_۴}{۳۲g\,N_۲H_۴}\times\frac{۶۲۲/۵kJ}{۱\,mol\,N_۲H_۴}=۱۲۴۵\,kJ$$

اکنون مقدار مول یون‌های حاصل از واکنش فروپاشی شبکهٔ بلور سدیم اکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$Na_۲O(s)\rightarrow ۲Na^+(g)+O^{۲-}(g)\quad,\quad \Delta H=۲۴۹۰kJ\qquad ?\,mol\,ion=۱۲۴۵kJ\times\frac{۳mol\,ion}{۲۴۹۰kJ}=۱/۵\,mol\,ion$$

۴ ۴ با توجه به عدد منفی ولت‌سنج، آلیاژ نقش آند و هیدروژن نقش کاتد را دارد.

$$Ti(s)+۲H^+(aq)\rightarrow Ti^{۲+}(aq)+H_۲(g)$$

pH محلول کاتدی از صفر به ۰/۷ رسیده است. غلظت H^+ را محاسبه می‌کنیم: $[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۰/۷}=۱۰^{۰/۳}\times۱۰^{-۱}=۱۰^{\log ۲}\times۱۰^{-۱}=۲\times۱۰^{-۱}\,mol.L^{-۱}$

غلظت اولیهٔ H^+ هم با توجه به اطلاعات سلول گالوانی برابر $۱\,mol.L^{-۱}$ است، پس تغییر غلظت H^+ برابر است با:

$$\text{تغییر غلظت }H^+\text{ در محلول الکترولیت SHE}=۱-۰/۲=۰/۸\,mol.L^{-۱}$$

جرم تیتانیم مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Ti=۵L\,H^+\text{محلول}\times\frac{۰/۸mol\,H^+}{۱L\,H^+\text{محلول}}\times\frac{۱\,mol\,Ti}{۲mol\,H^+}\times\frac{۴۸g\,Ti}{۱\,mol\,Ti}=۹۶g\,Ti$$

جرم آلیاژ به $۴۸۰-۹۶=۳۸۴g$ می‌رسد و درصد جرمی تیتانیم در آن ۵۰٪ است، بنابراین:

$$\text{درصد جرمی جدید Ti}=\frac{\text{جرم Ti}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰\Rightarrow۵۰=\frac{x}{۳۸۴}\times۱۰۰\Rightarrow x=۱۹۲g\,Ti$$

پس جرم Ti در آلیاژ اولیه برابر $۲۸۸g\,(۹۶+۱۹۲)$ بوده و درصد جرمی Ti در آلیاژ اولیه برابر است با: $\text{درصد جرمی اولیهٔ Ti}=\frac{\text{جرم Ti}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰=\frac{۲۸۸}{۴۸۰}\times۱۰۰=٪۶۰$

۵ **۳** کربن موجود در ترکیب آلی به کربن دی‌اکسید تبدیل می‌شود و هیدروژن آن نیز به بخار آب تبدیل می‌شود. پس جرم کربن و هیدروژن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,gC=۳/۳۶\,LCO_۲\times\frac{۱\,molCO_۲}{۲۲/۴\,LCO_۲}\times\frac{۱\,molC}{۱\,molCO_۲}\times\frac{۱۲\,gC}{۱\,molC}=۱/۸\,gC,\quad ?\,gH=۲/۷\,gH_۲O\times\frac{۱\,molH_۲O}{۱۸\,gH_۲O}\times\frac{۲\,molH}{۱\,molH_۲O}\times\frac{۱\,gH}{۱\,molH}=۰/۳\,gH$$

پس جرم اکسیژن در مادهٔ آلی برابر است با: $\text{جرم اکسیژن}=۳/۳-(۱/۸+۰/۳)=۱/۲\,gO$

اگر مول عناصر تشکیل دهندهٔ این ترکیب را محاسبه کنیم، می‌توانیم فرمول کلی آن را مشخص کنیم:

$$?\,molC=۱/۸\,gC\times\frac{۱\,molC}{۱۲\,gC}=۰/۱۵\,molC,\quad ?\,molH=۰/۳\,gH\times\frac{۱\,molH}{۱\,gH}=۰/۳\,molH,\quad ?\,molO=۱/۲\,gO\times\frac{۱\,molO}{۱۶\,gO}=۰/۰۷۵\,molO$$

$\Rightarrow$ فرمول کلی $C_{۲x}H_{۴x}O_x$

عبارت‌های اول، دوم و سوم درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت اول: اختلاف درصد جرمی کربن و هیدروژن در این ترکیب برابر است با:

$$\text{اختلاف درصد جرمی C و H}=\frac{\text{اختلاف جرم C و H}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰=\frac{۱/۸-۰/۳}{۳/۳}\times۱۰۰\simeq٪۴۵/۵$$

عبارت دوم: اگر در فرمول کلی $C_{۲x}H_{۴x}O_x$، x را برابر ۲ قرار دهیم، $C_۴H_۸O_۲$ به‌دست می‌آید که می‌تواند استر ۴ کربنی خطی و سیرشده باشد که از پروپانول و متانوئیک اسید تشکیل شده است (پروپیل متانوات).

عبارت سوم: درصد جرمی اکسیژن در این ترکیب و بنزوئیک اسید $C_۷H_۶O_۲$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی O در ترکیب مورد نظر}=\frac{\text{جرم O}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰=\frac{۱/۲}{۳/۳}\times۱۰۰\simeq٪۳۶/۳$$

$$\text{درصد جرمی O در بنزوئیک اسید}=\frac{\text{جرم O}}{\text{جرم کل}}\times۱۰۰=\frac{۲\times۱۶}{(۷\times۱۲)+(۶\times۱)+(۲\times۱۶)}\times۱۰۰\simeq٪۲۶/۲$$

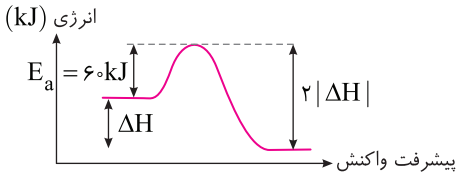
عبارت چهارم: اگر در فرمول کلی $C_{۲x}H_{۴x}O_x$، x را برابر ۱ قرار دهیم، $C_۲H_۴O$ به‌دست می‌آید. اما توجه کنید که کتون‌ها از $C_۳H_۶O$ شروع می‌شوند و کتون با ۲ کربن نداریم. $C_۲H_۴O$ می‌تواند آلدهید (اتانال) باشد.

پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع فصل دهم

فصل دهم: آزمون کنکور

۱ ۳ با توجه به اطلاعات داده شده، نمودار «انرژی - پیشرفت واکنش» به‌صورت زیر است:

با توجه به نمودار: $۶۰+|\Delta H|=۲|\Delta H| \xrightarrow{\text{واکنش گرماده}} |\Delta H|=۶۰ \Rightarrow \Delta H=-۶۰kJ$



۲ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $۲A(g)+۳X_۲(g)\rightarrow ۲AX_۳(g)$

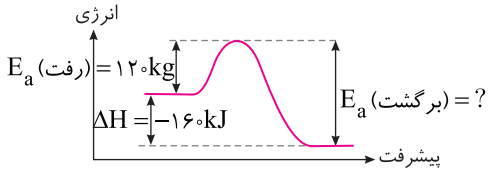
ابتدا آنتالپی واکنش را محاسبه می‌کنیم: $\Delta H_{\text{واکنش}}=۲mol\ A\times\frac{-۴۰kJ}{۰/۵mol\ A}=-۱۶۰kJ$

روش اول: به کمک رابطهٔ زیر، تفاوت سطح انرژی قله با فراوردهٔ نمودار «انرژی - پیشرفت» یا به عبارتی انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت را به‌دست می‌آوریم:

$\Delta H_{\text{واکنش}}=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow -۱۶۰=۱۲۰-E_a(\text{برگشت}) \Rightarrow E_a(\text{برگشت})=۲۸۰kJ$

روش دوم: با رسم نمودار «انرژی - پیشرفت» واکنش، به خواستهٔ مسئله می‌رسیم:

$E_a(\text{برگشت})=E_a(\text{رفت})+|\Delta H_{\text{واکنش}}|=۱۲۰+|-۱۶۰|=۲۸۰kJ$



۱ ۳ ابتدا به کمک انرژی فعال‌سازی واکنش رفت و برگشت، آنتالپی واکنش را محاسبه می‌کنیم: $\Delta H_{\text{واکنش}}=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})=۵۶۲-۳۸۰=۱۸۲kJ$

از آنجا که مواد شرکت‌کننده در واکنش همگی گاز هستند، به سادگی می‌توان به کمک روش محاسبهٔ آنتالپی واکنش با استفاده از آنتالپی‌های پیوند، آنتالپی پیوند $(A-B)$ را به‌دست آورد. معادلهٔ واکنش: $A-A(g)+B-B(g)\rightarrow ۲A-B(g)$

$\Delta H=[\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد فراورده}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش‌دهنده}]$

$\Rightarrow ۱۸۲=[۹۴۰+۴۹۲]-۲(A-B) \Rightarrow \Delta H(A-B)=۶۲۵kJ.mol^{-۱}$

۴ ۳ با توجه به مقدار آلاینده‌ها در حضور و در غیاب کاتالیزگر، درصد کاهش جرم هر یک از آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$\text{درصد کاهش جرم آلاینده}=\frac{\text{میزان کاهش جرم آلاینده}}{\text{مقدار اولیهٔ جرم}}\times ۱۰۰$

$\text{درصد کاهش جرم CO}=\frac{(۵/۹۹-۰/۶۱)}{۵/۹۹}\times ۱۰۰=\frac{۵/۳۸}{۵/۹۹}\times ۱۰۰\simeq\frac{۵۳۸}{۶}\simeq ٪۹۰$

$\text{درصد کاهش جرم } C_۸H_{۱۸}=\frac{(۱/۶۷-۰/۰۷)}{۱/۶۷}\times ۱۰۰=\frac{۱/۶}{۱/۶۷}\times ۱۰۰\simeq\frac{۱۶۰}{۱/۷}\simeq ٪۹۴$

$\text{درصد کاهش جرم NO}=\frac{(۱/۰۴-۰/۰۴)}{۱/۰۴}\times ۱۰۰=\frac{۱}{۱/۰۴}\times ۱۰۰\simeq\frac{۱۰۰}{۱/۰۴}\simeq ٪۹۶$

البته با توجه به گزینه‌ها نیازی به محاسبهٔ درصد کاهش جرم NO نبود. برای پاسخ به قسمت دوم سؤال، چون مسافت طی شده یکسان است، باید جرم هر یک از آلاینده‌ها در حضور کاتالیزگر را بر جرم مولی آن‌ها تقسیم کنیم:

$\text{CO مول}=\frac{۰/۶۱}{۲۸}\simeq ۰/۰۲mol,\quad C_۸H_{۱۸}\text{ مول}=\frac{۰/۰۷}{۱۱۴}\simeq ۰/۰۰۰۶mol,\quad \text{NO مول}=\frac{۰/۰۴}{۳۰}\simeq ۰/۰۰۱۳mol$

میانبر مهاسازی با توجه به کسرهای موجود، در مورد CO، صورت کسر نسبت به دو آلایندهٔ دیگر بزرگ‌تر بوده و مخرج آن نیز کوچک‌تر است، پس مقدار آن از دو آلایندهٔ دیگر بیشتر است و در نتیجه آن را کنار می‌گذاریم و از طرفی با توجه به گزینه‌ها اصلاً نیازی به محاسبهٔ آن نیست و در مورد دو آلایندهٔ $C_۸H_{۱۸}$ و NO، در آلایندهٔ NO نسبت به $C_۸H_{۱۸}$ مخرج خیلی کوچک‌تر بوده و کسر مربوط به آن بزرگ‌تر است و در نتیجه $C_۸H_{۱۸}$ کمترین مول خروجی را دارد!

۵ ۳ معادلهٔ واکنش تعادلی داده شده به‌صورت مقابل است: $X_۲(g)+Y_۲(g)\rightleftharpoons ۲Z(g)\ ,\ K=۵۰$

ابتدا غلظت‌های تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده را به‌دست می‌آوریم: (مول تعادلی $X_۲$ را برابر x در نظر می‌گیریم.)

$[Z]=\frac{۲/۲}{۲}=۱/۱\ ,\ [X_۲]=\frac{x}{۲}\ ,\ [Y_۲]=\frac{۰/۴}{۲}=۰/۲$

سپس به کمک رابطهٔ ثابت تعادل، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$K=\frac{[Z]^۲}{[X_۲][Y_۲]}\Rightarrow ۵۰=\frac{(۱/۱)^۲}{(\frac{x}{۲})\times(۰/۲)}\Rightarrow ۵x=۱/۲۱\Rightarrow x=۰/۲۴۲\,mol$$

*** توجه** با توجه به این‌که مجموع ضرایب واکنش‌دهنده‌ها با فراورده‌ها برابر است، پس در محاسبهٔ ثابت تعادل، می‌توانستید به جای غلظت‌های تعادلی، مول‌های تعادلی را قرار دهید:

$$K=\frac{n(Z)^۲}{n(X_۲)\times n(Y_۲)}\Rightarrow ۵۰=\frac{(۲/۲)^۲}{n(X_۲)\times ۰/۴}\Rightarrow n(X_۲)=۰/۲۴۲mol$$

۶ ۴ قسمت اول: با توجه به معادلهٔ واکنش: $A_۲(g)+D_۲(g)\rightleftharpoons ۲AD(g)$ ، سرعت واکنش با سرعت متوسط مصرف $A_۲$ و $D_۲$ برابر است؛ پس برای حل این قسمت، کافی است سرعت متوسط مصرف $A_۲$ یا $D_۲$ را محاسبه کنیم. به این منظور ابتدا تغییرات تعداد ذرات $A_۲$ و همچنین تغییرات مول و غلظت را در بازهٔ زمانی $t=۰\,min$ و $t=۲۵\,min$ به‌دست می‌آوریم. در $t=۰\,min$ و $t=۲۵\,min$ به‌ترتیب ۱۰ و ۴ ذرهٔ $A_۲$ وجود دارد، پس در این بازهٔ زمانی، ۶ ذرهٔ $A_۲$ که هر کدام معادل ۰/۱ مول است، یعنی ۰/۶ مول $A_۲$ مصرف می‌شود؛ بنابراین خواهیم داشت:

$$\Delta n(A_۲)=-۰/۶mol \qquad \Delta[A_۲]=\frac{\Delta n(A_۲)}{V}=\frac{-۰/۶mol}{۲L}=-۰/۳mol.L^{-۱}$$

$$\overline{R}_{\text{واکنش}}=\overline{R}(A_۲)=\frac{|\Delta[A_۲]|}{\Delta t}=\frac{|-۰/۳|mol.L^{-۱}}{(۲۵\times۶۰)s}=۲\times۱۰^{-۴}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

قسمت دوم: در لحظهٔ تعادل $(t=۴۵\,min)$، ۲ ذرهٔ $A_۲$، ۲ ذرهٔ $D_۲$ و ۱۶ ذرهٔ AD وجود دارد و هر ذره معادل ۰/۱ مول است، پس مول تعادلی $A_۲$، $D_۲$ و AD به‌ترتیب برابر ۰/۲، ۰/۲ و ۱/۶ مول است؛ بنابراین ثابت تعادل برابر است با:

$$\left.\begin{array}{l}[A_۲]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۲}{۲}=۰/۱,\quad [D_۲]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۲}{۲}=۰/۱,\quad [AD]=\frac{n}{V}=\frac{۱/۶}{۲}=۰/۸\end{array}\right\}\Rightarrow K=\frac{[AD]^۲}{[A_۲][D_۲]}=\frac{(۰/۸)^۲}{(۰/۱)(۰/۱)}=۶۴$$

۷ ۳ قسمت اول: محاسبهٔ ثابت تعادل واکنش:

$$[X_۲]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۶mol}{۳L}=\frac{۱}{۵}mol.L^{-۱},\quad [D_۲]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۵mol}{۳L}=\frac{۱}{۶}mol.L^{-۱},\quad [A]=\frac{n}{V}=\frac{۱/۵mol}{۳L}=\frac{۱}{۲}mol.L^{-۱}$$

$$K=\frac{[A]^۲}{[D_۲]^۳\times[X_۲]}=\frac{(\frac{۱}{۲})^۲}{(\frac{۱}{۶})^۳\times(\frac{۱}{۵})}=\frac{۶^۳\times۵}{۲^۲}=۲۷۰$$

قسمت دوم: مقدار مول اولیهٔ $X_۲$ و $D_۲$ را به‌ترتیب a و b در نظر گرفته و جدول تغییرات مول را رسم می‌کنیم:

	$X_۲(g)$	$+\ ۳D_۲(g)$	$\rightleftharpoons\ ۲A(g)$
مول اولیه	a	b	۰
تغییرات	$-x$	$-۳x$	$+۲x$
مول تعادلی	$a-x=۰/۶$	$b-۳x=۰/۵$	$۲x=۱/۵$

مقدار اولیهٔ $D_۲$ برابر با b مول بوده است؛ بنابراین:

$$\begin{cases}b-۳x=۰/۵\\ ۲x=۱/۵\end{cases}\xrightarrow{x=۰/۷۵}b-۲/۲۵=۰/۵\Rightarrow b=۲/۷۵mol$$

۸ ۲ ابتدا غلظت تعادل گونه‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$۲NO(g)+Br(g)\rightleftharpoons ۲NOBr(g)$$

$$n(Br_۲)=\frac{۲۴}{۱۶۰}=۰/۱۵mol\Rightarrow[Br_۲]=\frac{۰/۱۵}{۳L}=۰/۰۵mol.L^{-۱}$$

$$n(NOBr)=\frac{۶۶}{۱۱۰}=۰/۶mol\Rightarrow[NOBr]=\frac{۰/۶mol}{۳L}=۰/۲mol.L^{-۱}$$

$$n(NO)=\frac{۱۸}{۳۰}=۰/۶mol\Rightarrow[NO]=\frac{۰/۶}{۳}=۰/۲mol.L^{-۱}$$

قسمت اول: محاسبهٔ مقدار عددی ثابت تعادل:

$$K=\frac{[NOBr]^۲}{[NO]^۲[Br_۲]}=\frac{(۰/۲)^۲}{(۰/۲)^۲\times(۰/۰۵)}=۲۰$$

قسمت دوم: تعداد مول تعادلی $Br_۲$ برابر ۰/۱۵ است؛ چنانچه مقدار اولیهٔ آن را a در نظر بگیریم، ۰/۶a از آن تا زمان رسیدن به تعادل مصرف شده است؛ بنابراین:

$$a-۰/۶a=۰/۱۵mol\Rightarrow ۰/۴a=۰/۱۵mol\Rightarrow a=۰/۳۷۵mol$$

۹ ۱ این مسئله جزء مسائل تعادلی از نوع مقدار اولیه است. برای سادگی در حل این مسئله بهتر است از جدول تغییر مول استفاده نمود:

$$۳A(g)+۲D(g)\rightleftharpoons X(g)+۲Z(g)$$

مول اولیه	۸/۵	۵	۰	۰
تغییرات مول	$-۳y$	$-۲y$	$+y$	$+۲y$
مول تعادلی	$۸/۵-۳y$	$۵-۲y$	y	۲y

با توجه به اینکه در مسئله گفته شده که تعداد مول تعادلی X برابر ۲ است، پس مقدار y برابر ۲ است. در ادامه غلظت تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده در تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$[A]=\frac{۸/۵-۳y}{۵}=\frac{۸/۵-۳(۲)}{۵}=\frac{۲/۵}{۵}=۰/۵mol.L^{-۱}$$

$[D]=\frac{۵-۲y}{۵}=\frac{۵-۲(۲)}{۵}=\frac{۱}{۵}=۰/۲ mol.L^{-۱}$

$[X]=\frac{y}{۵}=\frac{۲}{۵}=۰/۴ mol.L^{-۱}$

$[Z]=\frac{۲y}{۵}=\frac{۲(۲)}{۵}=۰/۸ mol.L^{-۱}$

در ادامه ثابت تعادل واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$K=\frac{[X][Z]^۲}{[A]^۳[D]^۲}=\frac{(۰/۴)\times(۰/۸)^۲}{(۰/۵)^۳\times(۰/۲)^۲}=۵۱/۲$

۱۰ ۳ جدول تغییر مول را برای مواد شرکت کننده در تعادل رسم می‌کنیم:

$۲A(g)+D(g)\rightleftharpoons ۲E(g)$

مقدار مول اولیه	۱	۰/۴۱	۰
تغییرات مول	$-۲x$	$-x$	$+۲x$
مقدار مول تعادلی	$۱-۲x$	$۰/۴۱-x$	$۲x$

با توجه به صورت سؤال، مقدار مول تعادلی A برابر ۰/۲ است، پس مقدار x برابر است با:

$\text{مول تعادلی A}\Rightarrow ۱-۲x=۰/۲\Rightarrow x=۰/۴ \text{ mol}$

اکنون غلظت تعادلی مواد شرکت‌کننده در تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$[A]=\frac{n(A)}{V}=\frac{۰/۲}{۰/۵} mol.L^{-۱}$ ، $[D]=\frac{n(D)}{V}=\frac{۰/۴۱-x}{V}=\frac{۰/۴۱-۰/۴}{۰/۵}=\frac{۰/۰۱}{۰/۵} mol.L^{-۱}$ ، $[E]=\frac{n(E)}{V}=\frac{۲x}{V}=\frac{۲\times ۰/۴}{۰/۵}=\frac{۰/۸}{۰/۵} mol.L^{-۱}$

حال ثابت تعادل واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$K=\frac{[E]^۲}{[A]^۲[D]}=\frac{(\frac{۰/۸}{۰/۵})^۲}{(\frac{۰/۲}{۰/۵})^۲\times(\frac{۰/۰۱}{۰/۵})}=۸۰۰$

۱۱ ۲ با توجه به جدول تغییرات مول مواد شرکت‌کننده در تعادل داریم:

$۲SO_۳\rightleftharpoons ۲SO_۲+O_۲$

مول اولیه	۰/۹	۰	۰
تغییر مول	$-۲x$	$+۲x$	$+x$
مول تعادلی	$۰/۹-۲x$	$۲x$	x

در تعادل مجموع شمار مول فراورده‌ها، ۳ برابر شمار مول واکنش‌دهنده‌ها است؛ پس:

$۲x+x=۳(۰/۹-۲x)\Rightarrow ۳x=۲/۷-۶x\Rightarrow ۹x=۲/۷\Rightarrow x=۰/۳ mol$

پس ثابت تعادل واکنش برابر است با:

$\left.\begin{array}{l}[O_۲]=\frac{۰/۳}{۲} mol.L^{-۱}\\ [SO_۲]=\frac{۲\times ۰/۳}{۲}=\frac{۰/۶}{۲} mol.L^{-۱}\\ [SO_۳]=\frac{۰/۹-۲(۰/۳)}{۲}=\frac{۰/۳}{۲} mol.L^{-۱}\end{array}\right\}\Rightarrow K=\frac{[SO_۲]^۲[O_۲]}{[SO_۳]^۲}=\frac{(\frac{۰/۶}{۲})^۲(\frac{۰/۳}{۲})}{(\frac{۰/۳}{۲})^۲}=۰/۶ mol.L^{-۱}$

۱۲ ۲ ابتدا مقدار مول $PH_۳$ را محاسبه کرده و با رسم جدول تغییر مول، به غلظت تعادلی گونه‌ها می‌رسیم:

$?\,g\,PH_۳=۴۰/۸ g\,PH_۳\times\frac{۱ mol\,PH_۳}{۳۴ g\,PH_۳}=۱/۲ mol\,PH_۳$

$PH_۳(g)+BCl_۳(g)\rightleftharpoons H_۳PBCl_۳(g)$

مول اولیه	۱/۲	۱/۲۸	۰
تغییرات مول	$-x$	$-x$	$+x$
مول تعادلی	$۱/۲-x$	$۱/۲۸-x$	x

با توجه به اینکه مقدار مول تعادلی $H_۳PBCl_۳$ برابر ۰/۲۸ است داریم:

$[BCl_۳]=\frac{۱/۲۸-۰/۲۸}{۴}=۰/۲۵ mol.L^{-۱}$ $[PH_۳]=\frac{۱/۲-۰/۲۸}{۴}=۰/۲۳ mol.L^{-۱}$ $[H_۳PBCl_۳]=\frac{۰/۲۸}{۴}=۰/۰۷ mol.L^{-۱}$

اکنون ثابت تعادل واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$K=\frac{[H_۳PBCl_۳]}{[PH_۳][BCl_۳]}=\frac{(۰/۰۷)}{(۰/۲۳)(۰/۲۵)}\simeq ۱/۲۲$

۱۳ ۲ در ابتدا در هر یک از ظرف‌ها ده ذره معادل یک مول گاز وجود دارد. پس از باز شدن شیر، حجم کل ظرف دو لیتر خواهد شد، پس غلظت اولیهٔ هر گاز ۰/۵ مولار است. با توجه به معادلهٔ واکنش می‌توان نوشت:

$O_۳ + NO \rightleftharpoons O_۲ + NO_۲$

غلظت اولیه	۰/۵	۰/۵	۰	۰
تغییرات	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت تعادلی	$۰/۵-x$	$۰/۵-x$	x	x

حال با توجه به عبارت ثابت تعادل می‌توان نوشت:

$K=\frac{[O_۲][NO_۲]}{[O_۳][NO]}\Rightarrow ۹=\frac{x\times x}{(۰/۵-x)(۰/۵-x)}\Rightarrow ۳=\frac{x}{۰/۵-x}\Rightarrow x=۰/۳۷۵$

بنابراین مجموع غلظت گازهای درون ظرف برابر با یک مولار بوده و شمار مول‌های درون ظرف برابر با ۲ مول خواهد بود. توجه کنید که در این سؤال، چون مجموع ضرایب استوکیومتری مواد دخیل در ثابت تعادل با هم برابر است، می‌توانستیم به جای غلظت از مول مواد شرکت‌کننده نیز استفاده کنیم.

۱۴ ۴ برای حل سؤال از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم. مول اولیهٔ هر یک از واکنش‌دهنده‌ها را a در نظر می‌گیریم و جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

$$2NO_2Cl \rightleftharpoons Cl_2 + 2NO_2$$

مول اولیه	۰/۰۶	۰	۰
تغییرات	$-2x$	$+x$	$+2x$
مول نهایی	$0/06-2x$	x	$2x$

مطابق متن سؤال، کاهش جرم واکنش‌دهنده (NO_2Cl) برابر ۳/۲۶ گرم است.

$$\text{کاهش جرم } NO_2Cl = 2x\,mol\,NO_2Cl \times \frac{81/5\,g\,NO_2Cl}{1\,mol\,NO_2Cl} = 3/26\,g\,NO_2Cl \Rightarrow x = 0/02$$

شمار مول‌های گازی درون ظرف در حالت تعادل برابر است با: $\text{مجموع شمار مول‌های گازی} = (0/06-2x)+x+2x = 0/06+x = 0/06+0/02 = 0/08\,mol$

برای محاسبهٔ ثابت تعادل، ابتدا غلظت‌های تعادلی گونه‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$\left.\begin{array}{l} [NO_2Cl] = \frac{0/06-2(0/02)\,mol}{2L} = 0/01\,mol.L^{-1} \\ [Cl_2] = \frac{0/02\,mol}{2L} = 0/01\,mol.L^{-1} \\ [NO_2] = \frac{2(0/02)\,mol}{2L} = 0/02\,mol.L^{-1} \end{array}\right\} \Rightarrow K = \frac{[Cl_2]\times[NO_2]^2}{[NO_2Cl]^2} = \frac{0/01\times(0/02)^2}{(0/01)^2} = 0/04$$

۱۵ ۲ مول اولیهٔ هر یک از واکنش‌دهنده‌ها را a در نظر می‌گیریم و جدول تغییر مول را رسم می‌کنیم:

$$4X + Y \rightleftharpoons 2M + 2Z$$

مول اولیه	a	a	۰	۰
تغییرات	$-4x$	$-x$	$+2x$	$+2x$
مول تعادلی	$\underbrace{a-4x}_{0/2\,mol}$	$\underbrace{a-x}_{0/8\,mol}$	$2x$	$2x$

سپس مقدار a و x را محاسبه می‌کنیم:

$$\left\{\begin{array}{l} a-4x = 0/2 \\ a-x = 0/8 \end{array}\right. \Rightarrow x = 0/2\,mol \;,\; a = 1\,mol$$

حال به کمک مقادیر x ، a و ثابت تعادل واکنش، حجم ظرف را محاسبه می‌کنیم:

$$[X] = \frac{0/2}{V}\,mol.L^{-1},\quad [Y] = \frac{0/8}{V}\,mol.L^{-1},\quad [M] = \frac{2x}{V} = \frac{2\times0/2}{V} = \frac{0/4}{V}\,mol.L^{-1},\quad [Z] = \frac{2x}{V} = \frac{2\times0/2}{V} = \frac{0/4}{V}\,mol.L^{-1}$$

$$\Rightarrow K = \frac{[M]^2[Z]^2}{[X]^4[Y]} \Rightarrow 25 = \frac{(\frac{0/4}{V})^2(\frac{0/4}{V})^2}{(\frac{0/2}{V})^4(\frac{0/8}{V})} \Rightarrow 25 = \frac{16\times16\times10^{-8}}{16\times8\times10^{-10}}\times V \Rightarrow V = 0/125L = 125mL$$

۱۶ ۴ ابتدا ثابت تعادل اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$\left\{\begin{array}{l} [O_2] = [N_2] = \frac{0/1}{5}\,mol.L^{-1} \\ [NO] = \frac{0/2}{5}\,mol.L^{-1} \end{array}\right. \Rightarrow K = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} = \frac{(\frac{0/2}{5})^2}{(\frac{0/1}{5})(\frac{0/1}{5})} = 4$$

غلظت تعادلی NO با اضافه شدن مقداری از آن به تعادل، ۵۰٪ افزایش یافته است؛ با توجه به ثابت بودن حجم ظرف، این به این معناست که مول NO از ۰/۲ به ۰/۳ می‌رسد. همان‌طور که می‌دانید با اضافه کردن NO به تعادل، تعادل در جهت مصرف آن، یعنی در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود. به کمک جدول تغییرات مول، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$N_2(g) + O_2(g) \rightleftharpoons 2NO(g)$$

مول اولیه	۰/۱	۰/۱	۰/۳
تغییرات	$+x$	$+x$	$-2x$
مول تعادل جدید	$0/1+x$	$0/1+x$	$0/3-2x$

$$K = \frac{[NO]^2}{[N_2][O_2]} \Rightarrow 4 = \frac{(\frac{0/3-2x}{5})^2}{(\frac{0/1+x}{5})(\frac{0/1+x}{5})}$$

$$\xrightarrow{\text{جذر}} 2 = \frac{\frac{0/3-2x}{5}}{\frac{0/1+x}{5}} \Rightarrow 2 = \frac{0/3-2x}{0/1+x} \Rightarrow x = 0/025$$

در آخر غلظت N_2 را در تعادل جدید به‌دست می‌آوریم:

$$[N_2]_{\text{جدید}} = \frac{0/1+x}{v} = \frac{0/1+0/025}{5} = \frac{0/125}{5} = 0/025\,mol.L^{-1}$$

۱۷ ۲ تغییرات مول مواد شرکت‌کننده در این واکنش تا برقراری تعادل، به صورت جدول زیر است:

$$H_2 + I_2 \rightleftharpoons 2HI$$

مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+2x$
مول تعادلی	$1-x$	$1-x$	$2x$

رابطهٔ K برای این واکنش به صورت زیر است:

$$K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

و بازده درصدی در هر دما برابر است با:

$$\%R = \frac{\text{مقدار واکنش‌دهندهٔ مصرف شده}}{\text{مقدار اولیهٔ واکنش‌دهنده}}\times100 = \frac{x}{1}\times100$$

$$\text{در دمای } b^\circ C: K = 4 = \frac{(2x)^2}{(1-x)^2} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} 2 = \frac{2x}{1-x} \Rightarrow 2-2x = 2x \Rightarrow 2 = 4x \Rightarrow x = \frac{1}{2} \Rightarrow \%R_b = \frac{\frac{1}{2}}{1}\times100 = \frac{1}{2}\times100$$

$$\text{در دمای } a^\circ C: K=\circ/\circ۱=\frac{(۲x)^۲}{(۱-x)^۲} \xrightarrow{\text{از طرفین جذر می‌گیریم}} \circ/۱=\frac{۲x}{۱-x}\Rightarrow \circ/۱-\circ/۱x=۲x\Rightarrow ۲/۱x=\circ/۱\Rightarrow x=\frac{۱}{۲۱}\Rightarrow ٪R_a=\frac{\frac{۱}{۲۱}}{۱}\times ۱۰۰=٪\frac{۱۰۰}{۲۱}$$

نسبت خواسته شده در سؤال برابر است با:

$$\frac{٪R_b}{٪R_a}=\frac{\frac{۱}{۲}\times ۱۰۰}{\frac{۱}{۲۱}\times ۱۰۰}=\frac{۲۱}{۲}=۱۰/۵$$

دقت کنید با توجه به اینکه شمار مول مواد در دو طرف این تعادل گازی برابر است؛ پس حجم ظرف از صورت و مخرج عبارت K حذف شده و در نتیجه در محاسبهٔ K به جای غلظت‌های تعادلی، مول تعادلی مواد را قرار دادیم.

۱۸ ۲ معادلهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $۴NH_۳(g)+۵O_۲(g)\rightleftharpoons ۴NO(g)+۶H_۲O(g)$

با توجه به اینکه شمار مول‌های گازی فراورده‌ها از واکنش‌دهنده بیشتر است، با کاهش فشار، تعادل در جهت تعداد مول گازهای بیشتر، یعنی در جهت رفت جابه‌جا شده و شمار مول‌های $H_۲O$ افزایش می‌یابد و از ۲ مول بیشتر می‌شود. (رد گزینه‌های (۳) و (۴))

با توجه به اینکه مقدار $O_۲$ در تعادل اولیه نیز برابر ۲ مول است، در صورتی که حتی کل $O_۲$ موجود در ظرف، مصرف شود، باز هم مول $H_۲O$ به ۴/۴۵ نمی‌رسد.

$$?\,mol\,H_۲O \text{ تولیدی}=۲mol\,O_۲\times\frac{۶mol\,H_۲O}{۵mol\,O_۲}=۲/۴mol\,H_۲O \qquad \text{مول جدید } H_۲O \text{ در تعادل}=۲+۲/۴=۴/۴<۴/۴۵$$

پس مول $H_۲O$ در تعادل جدید نمی‌تواند ۴/۴۵ باشد. (رد گزینهٔ (۱))

۱۹ ۳ ابتدا ثابت تعادل را به‌دست می‌آوریم:

$$A(g)+D(g)\rightleftharpoons X(g) \qquad K=\frac{[X]}{[X][D]}=\frac{\frac{\circ/۲}{۴}}{\frac{\circ/۲}{۴}\times\frac{\circ/۲}{۴}}=\frac{۴}{\circ/۲}=۲\circ$$

با کاهش حجم، تعادل به سمت تعداد مول‌های گازی کمتر، یعنی در جهت رفت پیش می‌رود.

با تغییر حجم سامانه، ثابت تعادل تغییر نمی‌کند؛ بنابراین:

$$A(g)\ +\ D(g)\rightleftharpoons X(g)$$

تعادل اولیه	۰/۲	۰/۲	۰/۲
تغییرات	$-x$	$+x$	$+x$
تعادل ثانویه	$\circ/۲-x$	$\circ/۲x$	$\circ/۲+x$

$$K=\frac{(\circ/۲+x)}{(\circ/۲-x)(\circ/۲-x)}=۲\circ\Rightarrow ۲\circ(\circ/\circ۴-\circ/۴x+x^۲)=\circ/۲+x$$

$$\Rightarrow \circ/۸-۸x+۲\circ x^۲=\circ/۲+x\Rightarrow ۲\circ x^۲-۹x+\circ/۶=\circ$$

$$\Rightarrow x=\frac{۹\pm\sqrt{۳۳}}{۴\circ}\Rightarrow\begin{cases}x=\circ/۳۶۸۵\ (\text{غ ق ق})\\ x=\circ/\circ۸۱۵\ (\text{ق ق})\end{cases}$$

*** توجه** دقت کنید که x نمی‌تواند ۰/۳۶۸۵ باشد؛ زیرا در این صورت غلظت A و D در تعادل ثانویه منفی به‌دست می‌آید.

$$\text{مول نهایی } X=\circ/۲+x=\circ/۲+\circ/\circ۸۱۵=\circ/۲۸۱۵mol$$

۲۰ ۳ با باز کردن شیر (I)، تعادل میان گونه‌های واکنش برقرار می‌شود. با توجه به اینکه شمار مول‌های گازی در طرفین واکنش یکسان است، با باز شدن شیر (II) و افزایش حجم ظرف واکنش، تعادل جابه‌جا نمی‌شود ولی به دلیل تزریق BrCl به تعادل اولیه، تعادل در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$Br_۲(g)+Cl_۲(g)\rightleftharpoons ۲BrCl(g)$$

مول اولیه	۰/۴	۰/۴	۰/۲۵
تغییرات مول	$+x$	$+x$	$-۲x$
مول تعادلی	$\circ/۴+x$	$\circ/۴+x$	$\circ/۲۵-۲x$

بـا توجه بـه برابر بودن ضرایـب واکنش‌دهنده‌ها و فراورده‌هـا، در رابطهٔ ثابت تعـادل، می‌توانیم به‌جای قرار دادن غلظت‌های تعادلی، مول‌ها را قرار دهیم:

$$K=\frac{[BrCl]^۲}{[Br_۲][Cl_۲]}=\frac{n^۲(BrCl)}{n^۲(Br_۲)\times n^۲(Cl_۲)}\Rightarrow ۲/۵\times ۱\circ^{-۱}=\frac{(\circ/۲۵-۲x)^۲}{(\circ/۴+x)(\circ/۴+x)}\xrightarrow{\text{جذر}}\circ/۵=\frac{\circ/۲۵-۲x}{\circ/۴+x}\Rightarrow x=\circ/\circ۲$$

اکنون شمار مول‌های BrCl را در تعادل جدید محاسبه می‌کنیم:

$$\circ/۲۵-۲x=\circ/۲۵-۲(\circ/\circ۲)=\circ/۲۱mol$$

فصل دهم: آزمون جامع ۱

۱ ۴ ابتدا ΔH واکنش را با توجه به نمودار انرژی - پیشرفت داده شده محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})=۱۳۴-۳۶۰=-۲۲۶kJ$$

سپس حجم گاز تولید شده را به‌دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,L \text{ گاز}=۴۵/۲kJ\times\frac{۲mol \text{ گاز}}{۲۲۶kJ}\times\frac{۲۲/۴L \text{ گاز}}{۱mol \text{ گاز}}=۸/۹۶L \text{ گاز}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{لیتر گاز}}{\text{حجم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x\,L \text{ گاز}}{۲\times ۲۲/۴}=\frac{۴۵/۲}{۲۲۶}\Rightarrow x=۸/۹۶L \text{ گاز}$$

۲ ۱ E_{a_1}(رفت) و E_{a_2}(رفت) انرژی فعال‌سازی رفت به ترتیب در غیاب و در حضور کاتالیزگر و E_{a_1}(برگشت) و E_{a_2}(برگشت) انرژی فعال‌سازی برگشت به ترتیب در غیاب و در حضور کاتالیزگر هستند.

$$(E_{a_1}(\text{رفت})+E_{a_1}(\text{برگشت}))-(E_{a_2}(\text{رفت})+E_{a_2}(\text{برگشت}))=۴۰ \Rightarrow E_{a_1}(\text{رفت})+E_{a_1}(\text{برگشت})-E_{a_2}(\text{رفت})-E_{a_2}(\text{برگشت})=۴۰ \quad (I)$$

می‌دانیم که کاتالیزگر انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به یک اندازه کاهش می‌دهد، پس داریم:

$$E_{a_1}(\text{رفت})-E_{a_2}(\text{رفت})=E_{a_1}(\text{برگشت})-E_{a_2}(\text{برگشت}) \quad (II)$$

پس می‌توان نوشت: $\xrightarrow{(I),(II)} E_{a_1}(\text{رفت})-E_{a_2}(\text{رفت})=E_{a_1}(\text{برگشت})-E_{a_2}(\text{برگشت})=۲۰\text{kJ} \quad (III)$

انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت هر دو ۲۰ کیلوژول کاهش یافته است که این مقدار برای انرژی فعال‌سازی رفت معادل ۱۰٪ است. پس:

$$۲۰=\frac{۱۰}{۱۰۰}(E_{a_1}(\text{رفت})) \Rightarrow E_{a_1}(\text{رفت})=۲۰۰\text{kJ} \Rightarrow E_{a_2}(\text{رفت})=۲۰۰-۲۰=۱۸۰\text{kJ}$$

۳ ۳ مول خروجی CO در نبود مبدل را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,\text{mol CO}=۶/۱۶\text{g CO}\times\frac{۱\,\text{mol CO}}{۲۸\text{g CO}}=۰/۲۲\text{mol CO}$$

پس حضور مبدل باعث می‌شود ۰/۲ − ۰/۰۲ = ۰/۲۲ مول گاز کربن مونوکسید کمتری به ازای طی یک کیلومتر وارد هوا کره شود: درصد کاهش CO $=\frac{۰/۲۰}{۰/۲۲}\times۱۰۰\simeq٪۹۱$

فرایند استخراج آهن به کمک کربن مونوکسید:

$$Fe_۲O_۳(s)+۳CO(g)\rightarrow ۲Fe(l)+۳CO_۲(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,\text{g Fe}=۷\,\text{روز}\times\frac{۶۰\text{km مسافت}}{۱\,\text{روز}}\times\frac{۰/۰۲\text{mol CO}}{۱\,\text{km مسافت}}\times\frac{۲\text{mol Fe}}{۳\text{mol CO}}\times\frac{۵۶\text{g Fe}}{۱\text{mol Fe}}=۳۱۳/۶\text{g Fe}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{CO مول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{Fe گرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۷\times۶۰\times۰/۰۲}{۳}=\frac{x}{۲\times۵۶} \Rightarrow x=۳۱۳/۶\text{g Fe}$$

۴ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش حذف اکسیدهای نیتروژن در مبدل خودروهای دیزلی:

$$\underbrace{NO(g)+NO_۲(g)}_{۲\,\text{mol }NO_x}+۲NH_۳(g)\rightarrow ۲N_۲(g)+۳H_۲O(g)$$

$$?\,\text{g }NH_۳=۳۰۰\text{km}\times\frac{۲/۲۴\text{L }NO_x}{۱\text{km}}\times\frac{۱\,\text{mol }NO_x}{۲۲/۴\text{L }NO_x}\times\frac{۲\text{mol}NH_۳}{۲\text{mol }NO_x}\times\frac{۱۷\text{g }NH_۳}{۱\,\text{mol }NH_۳}=۵۱۰\text{g }NH_۳$$

۵ ۳ ابتدا در تعادل اولیه حجم ظرف را محاسبه می‌کنیم:

$$K=\frac{[SO_۳]^۲}{[SO_۲]^۲[O_۲]}=\frac{(n_{SO_۳})^۲}{(n_{SO_۲})^۲\times n_{O_۲}}\times V \Rightarrow ۱۰=\frac{(۰/۴)^۲}{(۰/۸)^۲(۰/۱)}\times V \Rightarrow V=۴\text{L}$$

با افزودن مقداری گاز اکسیژن، تعادل در جهت رفت جابه‌جا می‌شود، اما ثابت تعادل تغییر نمی‌کند. جدول تغییرات مول را رسم می‌کنیم و مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$۲SO_۲(g)+O_۲(g)\rightleftharpoons ۲SO_۳(g)$$

مول در نخستین لحظهٔ تغییر	۰/۸	۰/۱+a	۰/۴
تغییرات مول	−۲x	−x	+۲x
مول تعادلی	۰/۸−۲x	۰/۱+a−x	۰/۴+۲x

مقدار مول $SO_۳$ در تعادل جدید $=۰/۴+۲x=۰/۸ \Rightarrow ۲x=۰/۴ \Rightarrow x=۰/۲$

با توجه به ضرایب واکنش، نمودار مربوط به $SO_۳$ و $SO_۲$ است.

اکنون با توجه به مقدار مول‌های تعادلی در تعادل جدید، مقدار مول و سپس جرم گاز اکسیژن اضافه شده به سامانه را به‌دست می‌آوریم:

$$K=\frac{[SO_۳]^۲}{[SO_۲]^۲[O_۲]}=\frac{(n_{SO_۳})^۲}{(n_{SO_۲})^۲\times n_{O_۲}}\times V \Rightarrow ۱۰=\frac{(۰/۸)^۲}{(۰/۴)^۲(a-۰/۱)}\times ۴ \Rightarrow a-۰/۱=۱/۶ \Rightarrow a=۱/۷\text{mol}$$

جرم گاز اکسیژن اضافه شده برابر است با:

$$?\,\text{g }O_۲=۱/۷\text{ mol }O_۲\times\frac{۳۲\text{ g }O_۲}{۱\text{mol }O_۲}=۵۴/۴\text{ g }O_۲$$

۶ ۱ **قسمت اول:** چون اطلاعاتی در مورد تعادل اول خواسته نشده، مستقیماً به سراغ تعادل دوم با ثابت تعادل $\frac{۸۱}{۱۶}$ می‌رویم؛ چون با تغییر دما ثابت تعادل افزایش یافته و تعادل به سمت فراورده‌ها جابه‌جا شده است.

$$۳Fe(s)+۴H_۲O(g)\rightleftharpoons Fe_۳O_۴(s)+۴H_۲(g)$$

مول اولیه	۱	۱	۰	۰
تغییرات مول	−۳x	−۴x	+x	+۴x
مول تعادلی جدید	۱−۳x	۱−۴x	x	۴x

$$K=\frac{[H_۲]^۴}{[H_۲O]^۴}=\frac{(n_{H_۲})^۴}{(n_{H_۲O})^۴}\times V^۰ \Rightarrow \frac{(۴x)^۴}{(۱-۴x)^۴}=\frac{۸۱}{۱۶} \xrightarrow{\text{ریشه ۴}} \frac{۴x}{۱-۴x}=\frac{۳}{۲}$$

$$\Rightarrow ۸x=۳-۱۲x \Rightarrow ۲۰x=۳ \Rightarrow x=۰/۱۵$$

غلظت تعادلی بخار آب برابر است با:

$$[H_۲O]=\frac{n}{V}=\frac{۱-۴(۰/۱۵)}{۲}=۰/۲\,\text{mol.L}^{-۱}$$

قسمت دوم: در مخلوط نهایی ۰/۵۵ مول Fe و ۰/۱۵ مول Fe_3O_4 وجود دارد که دارای ۰/۴۵ مول آهن است، پس درصد جرمی آهن در جامد باقی‌مانده برابر است با:

$$\%Fe=\frac{\text{جرم Fe}}{\text{مجموع جرم مواد جامد}}\times 100=\frac{(0/55+0/45)\times 56}{(0/55\times 56)+(0/15\times 232)}\times 100\simeq \%85/3$$

۷ ۱ ابتدا جدول تغییرات مول را بررسی می‌کنیم:

$$N_2O_4(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

مول اولیه	۳	۰
تغییرات مول	$-x$	$+2x$
مول نهایی	$3-x$	$2x$

در تعادل مجموع مول‌های گازی برابر است با:

$$(3-x)+2x=3/6\Rightarrow x=0/6$$

سپس ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}=\frac{n_{NO_2}^2}{n_{N_2O_4}}\times V^{-1}=\frac{1/2\times 1/2}{2/4}\times 4^{-1}=0/15$$

این واکنش گرماگیر است و با افزایش دمای مخلوط به سمت تولید بیشتر فراورده‌ها پیش می‌رود، در تعادل جدید داریم:

$$Q+N_2O_4(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

مول تعادل اولیه	۲/۴	۱/۲
مول تعادل جدید	$2/4-y$	$1/2+2y$

$$K=\frac{(1/2+2y)^2}{(2/4-y)}\times\frac{1}{4}=0/25\Rightarrow\frac{(1/2+2y)^2}{(2/4-y)}=1$$

$$1/44+4/8y+4y^2=2/4-y\Rightarrow 4y^2+5/8y-0/96=0\Rightarrow y=\frac{-5/8\pm\sqrt{49}}{8}\Rightarrow\begin{cases}y=0/15 & (\text{ق ق})\\ y=-1/6 & (\text{غ ق ق})\end{cases}$$

پس در تعادل جدید مقدار مول NO_2 برابر $1/2+2y=1/2+2(0/15)=1/5\,mol$ است و داریم:

$$?\,\text{مولکول }NO_2=1/5\,mol\,NO_2\times\frac{6/02\times10^{23}\ \text{مولکول }NO_2}{1\,mol\,NO_2}=9/03\times10^{23}\ \text{مولکول }NO_2$$

۸ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تهیهٔ PET از مونومرهای سازنده‌اش:

$$n\,C_8H_6O_4+n\,C_2H_6O_2\rightarrow \text{-}(C_{10}H_8O_4)_n\text{-}+2n\,H_2O$$

تهیهٔ ترفتالیک اسید از پارازایلن:

$$C_8H_{10}+\text{مادهٔ اکسنده}\rightarrow C_8H_6O_4$$

تهیهٔ اتیلن گلیکول از اتن:

$$C_2H_4+\text{مادهٔ اکسنده}\rightarrow C_2H_6O_2$$

$$?\,g\,C_2H_4\text{ ناخالص}=200g\,PET\text{ ناخالص}\times\frac{72g\text{ خالص}}{100g\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,PET}{192ng\,PET}\times\frac{n\,mol\text{ دی‌الکل}}{1\,mol\,PET}\times\frac{1\,mol\,C_2H_4}{1\,mol\text{ دی‌الکل}}\times\frac{28g\,C_2H_4}{1\,mol\,C_2H_4}\times\frac{100g\,C_2H_4\text{ ناخالص}}{84g\,C_2H_4\text{ خالص}}$$

$$=25g\,C_2H_4\text{ ناخالص}$$

$$?\,g\,C_8H_{10}\text{ ناخالص}=200g\,PET\text{ ناخالص}\times\frac{72g\text{ خالص}}{100g\text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,PET}{192ng\,PET}\times\frac{n\,mol\text{ دی‌اسید}}{1\,mol\,PET}\times\frac{1\,mol\,C_8H_{10}}{1\,mol\text{ دی‌اسید}}\times\frac{106g\,C_8H_{10}}{1\,mol\,C_8H_{10}}\times\frac{100g\,C_8H_{10}\text{ ناخالص}}{75g\,C_8H_{10}\text{ خالص}}$$

$$=106g\,C_8H_{10}\text{ ناخالص}$$

پس در مجموع ۱۳۱g (۱۰۶+۲۵) از اتن و پارازایلن ناخالص نیاز است.

میانبر محاسباتی

$$\frac{200\times72\times n\times28\times100}{100\times192n\times84}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{200\times72\times n\times28\times100}{100\times192n\times84}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{2\times9\times100}{24\times3}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{300}{12}=25$$

$$\frac{200\times72\times n\times106\times100}{100\times192n\times75}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{200\times72\times n\times106\times100}{100\times192n\times75}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{2\times9\times106\times4}{24\times3}\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{2\times3\times106}{6}=106$$

۹ ۳ ساختار داده شده پلی‌استر PET بوده که پس از آبکافت آن به واکنش مقابل می‌رسیم:

$$[C_{10}H_8O_4]_n+2nH_2O\rightleftharpoons nC_8H_6O_4+nC_2H_6O_2$$

عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): دی‌الکل سازندهٔ این ترکیب اتیلن گلیکول $C_2H_6O_2$ $(62g.mol^{-1})$ بوده و تفاوت جرم مولی آن با بنزن C_6H_6 $(78g.mol^{-1})$ برابر $78-62=16g.mol^{-1}$ است که با جرم مولی متان (CH_4) برابر است.

عبارت (ب): برای تولید PET داریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,H_2O=38/4g\,PET\times\frac{1\,mol\,PET}{192n\,g\,PET}\times\frac{2n\,mol\,H_2O}{1\,mol\,PET}\times\frac{18g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=7/2g\,H_2O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{PET}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم آب}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{38/4}{1\times192n}=\frac{x}{2n\times18}\Rightarrow x=7/2g\,H_2O$$

عبارت (پ): برای تولید PET داریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\text{ اختلاف جرم مونومرها}=48g\,PET\times\frac{1\,mol\,PET}{192n\,g\,PET}\times\frac{(n\times166-n\times62)\,g\text{ اختلاف جرم مونومرها}}{1\,mol\,PET}=26g\text{ اختلاف جرم مونومرها}$$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{گرم PET}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{اختلاف جرم مونومرها}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۴۸}{۱\times۱۹۲n}=\frac{\Delta m}{n\times۱۶۶-n\times۶۲}\Rightarrow\Delta m=۲۶g$ اختلاف جرم مونومرها

عبارت (ت): برای تولید ترفتالیک اسید با پارازایلن داریم: $C_۸H_{۱۰}\sim C_۸H_۶O_۴$

روش اول (کسر تبدیل): $?\,g\,C_۸H_{۱۰}=۰/۵mol\,C_۸H_۶O_۴\times\frac{۱\,mol\,C_۸H_{۱۰}}{۱\,mol\,C_۸H_۶O_۴}\times\frac{۱۰۶g\,C_۸H_{۱۰}}{۱\,mol\,C_۸H_{۱۰}}=۵۳g\,C_۸H_{۱۰}$

روش دوم (تناسب): $\frac{\text{گرم پارازیلن}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مول ترفتالیک اسید}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x}{۱\times۱۰۶}=\frac{۰/۵}{۱}\Rightarrow x=۵۳g\,C_۸H_{۱۰}$

۱۰ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش اول: $CH_۴(g)+H_۲O(g)\rightarrow CO(g)+۳H_۲(g)$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش دوم: $CO(g)+۲H_۲(g)\rightarrow CH_۳OH(g)$

* **توجه** در حل مسئله، هنگام نوشتن کسرهای مربوط به مول مواد، از روابط مولی میان $CH_۴$، CO و $CH_۳OH$ استفاده کنید و از روابط مولی میان $CH_۴$، $H_۲$ و $CH_۳OH$ استفاده نکنید؛ زیرا مقدار $H_۲$ تولید شده در واکنش اول بیشتر از میزان $H_۲$ لازم در واکنش دوم است و استفاده از آن در انجام محاسبات، سبب ایجاد خطا می‌شود.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CH_۳OH=۱۰۰L\,CH_۴\times\frac{۱\,mol\,CH_۴}{۲۲/۴L\,CH_۴}\times\frac{۱\,mol\,CO}{۱\,mol\,CH_۴}\times\underbrace{\frac{۷۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش اول}}\times\frac{۱\,mol\,CH_۳OH}{۱\,mol\,CO}\times\frac{۳۲g\,CH_۳OH}{۱\,mol\,CH_۳OH}\times\underbrace{\frac{۵۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش دوم}}=۵۰g\,CH_۳OH$$

روش دوم (تناسب): با یکسان کردن ضرایب ماده‌های مشترک داریم: $CH_۴\sim CO\sim CH_۳OH$

$$\frac{\text{لیتر متان}\times\frac{R_۱}{۱۰۰}\times\frac{R_۲}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}=\frac{\text{گرم }CH_۳OH}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۱۰۰\times\frac{۷۰}{۱۰۰}\times\frac{۵۰}{۱۰۰}}{۱\times۲۲/۴}=\frac{x\,g\,CH_۳OH}{۱\times۳۲}\Rightarrow x=۵۰g\,CH_۳OH$$

فصل دهم: آزمون جامع ۲

۱ ۴ برای ساختن واکنش مراحل زیر را طی می‌کنیم:

واکنش اول را در (-۱) ضرب می‌کنیم: $I)\ ۲D\rightarrow B+C \qquad \Delta H'_۱=۵۸kJ$

واکنش دوم را در (-۱) ضرب می‌کنیم: $II)\ ۲C\rightarrow B+D \qquad \Delta H'_۲=-۶۴kJ$

واکنش سوم را بدون تغییر می‌نویسیم: $III)\ A\rightarrow D+C \qquad \Delta H'_۳=۱۲۶kJ$

واکنش هدف: $A\rightarrow ۲B \qquad \Delta H'_{\text{هدف}}=۱۲۰kJ$

با توجه به آنتالپی واکنش و نمودار داده شده در سؤال، انرژی فعال‌سازی واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})\Rightarrow ۱۲۰=E_a(\text{رفت})-۶۰\Rightarrow E_a(\text{رفت})=۱۸۰kJ$$

۲ ۳ $E_{a_۱}$ (رفت) و $E_{a_۲}$ (رفت) انرژی فعال‌سازی رفت به ترتیب در غیاب و در حضور کاتالیزگر است و $E_{a_۱}$ (برگشت) و $E_{a_۲}$ (برگشت) انرژی فعال‌سازی برگشت به ترتیب در غیاب و در حضور کاتالیزگر است. برای ΔH واکنش داریم:

$$E_{a_۱}(\text{رفت})-E_{a_۱}(\text{برگشت})=\Delta H,\quad E_{a_۲}(\text{رفت})-E_{a_۲}(\text{برگشت})=\Delta H\Rightarrow(E_{a_۱}(\text{رفت})+E_{a_۲}(\text{رفت}))-(E_{a_۱}(\text{برگشت})+E_{a_۲}(\text{برگشت}))=۲\Delta H$$

$$\Rightarrow ۱۱۱۶-۱۴۸۴=۲\Delta H\Rightarrow\Delta H=-۱۸۴kJ$$

معادلهٔ واکنش: $H-H(g)+Cl-Cl(g)\rightarrow ۲(H-Cl)(g)$

محاسبهٔ آنتالپی واکنش به کمک آنتالپی‌های پیوند به‌صورت زیر است:

$$\Delta H=[\text{مجموع آنتالپی پیوند واکنش‌دهنده‌ها}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوند فراورده‌ها}]=[\Delta H(H-H)+\Delta H(Cl-Cl)]-[۲\Delta H(H-Cl)]$$

$$\Rightarrow -۱۸۴=[۴۳۶+\Delta H(Cl-Cl)]-[۲(۴۳۱)]\Rightarrow\Delta H(Cl-Cl)=۲۴۲kJ$$

۳ ۲ اگر شیر بین دو ظرف باز شود، مقدار $N_۲O_۴$ و حجم ظرف افزایش می‌یابد که هر دو باعث جابه‌جایی تعادل به سمت رفت می‌شود.

مقدار K در اثر تغییر حجم تغییر نمی‌کند. K برابر است با: $K=\frac{[NO_۲]^۲}{[N_۲O_۴]}=\frac{(n_{NO_۲})^۲}{n_{N_۲O_۴}}\times V^{-۱}=\frac{۳^۲}{۲}\times\frac{۱}{۳}=\frac{۳}{۲}$

جدول تغییرات مول را رسم می‌کنیم:

$$N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

مول در نخستین لحظهٔ تغییر	۲+۱	۳
تغییرات مول	$-x$	$+2x$
مول تعادلی	$3-x$	$3+2x$

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}=\frac{(n_{NO_2})^2}{n_{N_2O_4}}\times V^{-1}\Rightarrow\frac{3}{2}=\frac{(3+2x)^2}{3-x}\times\frac{1}{6}\Rightarrow 9+4x^2+12x=27-9x$$

$$\Rightarrow 4x^2+21x-18=0$$

پاسخ معادلهٔ درجه ۲ به‌صورت $x=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ است و در این معادله داریم: $a=4$ ، $b=21$ و $c=-18$. پس

$$x=\frac{-21\pm\sqrt{21^2+4(4)(18)}}{8}=\frac{-21\pm\sqrt{729}}{8}=\frac{-21\pm27}{8}\Rightarrow\begin{cases}x=-6 & (\text{غ ق ق})\\ x=\frac{3}{4} & (\text{ق ق})\end{cases}$$

غلظت NO_2 در سامانهٔ تعادلی جدید برابر است با:

$$[NO_2]=\frac{n}{V}=\frac{3+2(0/75)}{6}=0/75\ mol.L^{-1}$$

واکنش $N_2O_4\rightleftharpoons 2NO_2$ گرماگیر است، پس با کاهش دما در جهت برگشت جابه‌جا می‌شود.

۲ ۴ عبارت‌های (الف) و (پ) درست هستند. تعادل در ظرف A به دلیل حضور کاتالیزگر زودتر برقرار می‌شود. **بررسی عبارت‌ها:** عبارت (الف): در واکنش تعادلی نماد گرما در طرفی است که تعداد مول گازی کمتر است. پس تعادل در جهت رفت گرماگیر است. در لحظهٔ $t=1\ min$ میزان پیشرفت واکنش در ظرف A به دلیل وجود کاتالیزگر بیشتر بوده و در این سامانه گرمای بیشتری جذب می‌شود، بنابراین می‌توان گفت دمای ظرف A پایین‌تر است. عبارت (ب): چون سرعت واکنش در ظرف A به دلیل حضور کاتالیزگر بیشتر است، در لحظهٔ $t=90s$ که هنوز در ظرف B به تعادل نرسیده‌ایم، غلظت گاز کلر در ظرف A بیشتر است. عبارت (پ): طبق جدول تغییرات مول داریم:

$$PCl_5\rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$$

مول اولیه	۲	۰	۰
تغییر مول	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$2-x$	x	x

$$K=\frac{[PCl_3][Cl_2]}{[PCl_5]}\Rightarrow 0/1=\frac{x^2}{2-x}\Rightarrow 0/2-0/1x=x^2\Rightarrow 10x^2+x-2=0$$

$$\Rightarrow x=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}=\frac{-1\pm\sqrt{1-4(10)(-2)}}{20}\Rightarrow\begin{cases}x=0/4 & (\text{ق ق})\\ x=-0/5 & (\text{غ ق ق})\end{cases}$$

$$\overline{R}(PCl_5)=\frac{-\Delta[PCl_5]}{\Delta t}=\frac{0/4\ mol.L^{-1}}{2\times60s}=\frac{1}{300}\ mol.L^{-1}.s^{-1}$$

عبارت (ت): در لحظهٔ $t=3\ min$ در هر دو ظرف تعادل برقرار است و مجموع مول‌های گازی در هر دو ظرف یکسان است.

۳ ۵ اگر a مول O_3 را وارد ظرف کنیم برای این‌که جرم برابر از NO با اوزون را وارد ظرف کنیم باید $1/6a$ مول NO را وارد کنیم. جدول تغییرات مول در تعادل را بررسی می‌کنیم:

$$NO(g)+O_3(g)\rightleftharpoons NO_2(g)+O_2(g)$$

مول اولیه	$1/6a$	a	۰	۰
تغییرات مول	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
مول نهایی	$1/6a-x$	$a-x$	x	x

غلظت تعادل اکسیژن برابر ۰/۴ مول بر لیتر است، پس داریم:

$$[O_2]=\frac{x}{2}\Rightarrow 0/4=\frac{x}{2}\Rightarrow x=0/8\ mol$$

از رابطهٔ ثابت تعادل داریم:

$$K=\frac{[NO_2][O_2]}{[NO][O_3]}=\frac{n_{NO_2}\times n_{O_2}}{n_{NO}\times n_{O_3}}\times V^{0}\Rightarrow 4=\frac{0/8\times0/8}{(1/6a-0/8)(a-0/8)}\Rightarrow(1/6a-0/8)(a-0/8)=0/16\Rightarrow 1/6a^2-1/28a-0/8a+0/64=0/16$$

$$\Rightarrow 1/6a^2-2/08a+0/48=0\Rightarrow a=\frac{2/08\pm\sqrt{1/2544}}{3/2}\Rightarrow\begin{cases}a=0/3 & (\text{غ ق ق})\\ a=1 & (\text{ق ق})\end{cases}$$

پس مول اولیهٔ NO برابر $1/6a=1/6\ mol$ است:

$$?\ g\ NO=1/6 mol\ NO\times\frac{30\ g\ NO}{1\ mol\ NO}=48\ g\ NO$$

معادلهٔ مربوط به آنتالپی سوختن اتان:

$$C_2H_6(g)+\frac{7}{2}O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)+3H_2O(g)+1540\ kJ$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\ kJ=0/8 mol\ O_2\times\frac{1540\ kJ}{\frac{7}{2}\ mol\ O_2}=352\ kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{0/8}{\frac{7}{2}}=\frac{Q}{1540}\Rightarrow Q=352\ kJ$$

۶ ۳ جدول تغییرات مول را بررسی می‌کنیم:

$$2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + O_2$$

مول اولیه	a	۰	۰
تغییرات مول	$-2x$	$+2x$	$+x$
مول نهایی	$a-2x$	$2x$	x

مجموع جرم O_2 و SO_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$36x+64(2x)=160x=48 \Rightarrow x=0/3\,mol$$

پس از ثابت تعادل داریم:

$$K=\frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2}=\frac{n_{SO_2}^2 \times n_{O_2}}{n_{SO_3}^2}\times V^{-1}=\frac{(0/6\times 0/6\times 0/3)}{(a-0/6)^2}\times 3^{-1}=0/9$$

$$\Rightarrow (a-0/6)^2=\frac{0/6\times 0/6}{9} \Rightarrow a-0/6=0/2 \Rightarrow a=0/8$$

پس جرم اولیهٔ گوگرد تری‌اکسید برابر است با:

$$?\,g\,SO_3 \text{ اولیه}=0/8\,mol\,SO_3\times\frac{80\,g\,SO_3}{1\,mol\,SO_3}=64\,g\,SO_3$$

طبق قانون پایستگی جرم، جرم نهایی ظرف نیز ۶۴ گرم است. درصد جرمی اکسید گوگرد SO_2 در این تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی } SO_2=\frac{0/6\times 64}{64}\times 100=\%60$$

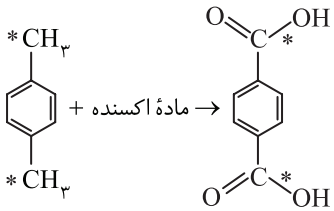
معادلهٔ انحلال SO_3 در آب:

$$SO_3(g)+H_2O(aq)\rightarrow H_2SO_4(aq)$$

در تعادل ۰/۲ مول داریم که پس از انحلال در ۱۰ لیتر آب تولید ۰/۴ مول H^+ می‌کند که داریم:

$$[H^+]=\frac{0/4}{10}=0/04\,mol.L^{-1} \Rightarrow pH=-\log[H^+]=-\log(4\times 10^{-2})=2-\log 4=1/4$$

۷ ۲ معادلهٔ واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید:



معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تهیهٔ PET از ترفتالیک اسید و اتیلن گلیکول:

$$nC_8H_6O_4+nC_2H_6O_2 \rightarrow \left(C_{10}H_8O_4\right)_n+2nH_2O$$

در واکنش تبدیل پارازایلن به ترفتالیک اسید، عدد اکسایش ۲ اتم کربن که با ستاره مشخص شده از (-3) به $(+3)$ تغییر می‌کند، پس در اثر تبدیل یک مول پارازایلن به یک مول ترفتالیک اسید، ۱۲ مول الکترون مبادله می‌شود.

$$?\,g\,PET=3/612\times 10^{24}\,e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times 10^{23}\,e^-}\times\frac{1\,mol\,C_8H_{10}}{12\,mol\,e^-}\times\frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{1\,mol\,C_8H_{10}}\times\frac{1\,mol\,PET}{n\,mol\,C_8H_6O_4}\times\frac{192n\,g\,PET}{1\,mol\,PET}\times\underbrace{\frac{80}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=76/8\,g\,PET$$

میانبرمحاسباتی

$$\frac{3/612\times 10^{24}\times 192n\times 80}{6/02\times 10^{23}\times 12\times n\times 100}=? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{{}^{0/6}\cancel{3/612}\times\cancel{10^{24}}\times\cancel{192n}\times 80}{\cancel{6/02}\times\cancel{10^{23}}\times\cancel{12}\times\cancel{n}\times\cancel{100}} \xrightarrow[\text{و دسته‌بندی}]{\text{ساده‌سازی}} 6\times 16\times 8\times\frac{10^{-1}\times 10\times 10}{100}=76/8$$

۸ ۲ ابتدا مقدار مول باز تولیدی (KOH) را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,KOH=100\,g\,C_2H_4 \text{ ناخالص}\times\frac{80\,g\,C_2H_4 \text{ خالص}}{100\,g\,C_2H_4 \text{ ناخالص}}\times\frac{1\,mol\,C_2H_4}{28\,g\,C_2H_4}\times\frac{2\,mol\,KOH}{3\,mol\,C_2H_4}\times\underbrace{\frac{84}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=1/6\,mol\,KOH$$

سپس غلظت محلول نیتریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=-\log[H^+] \Rightarrow [H^+]=10^{-pH}=10^{-0/4}=10^{0/6}\times 10^{-1}=10^{2\log 2}\times 10^{-1}=4\times 10^{-1}\,mol.L^{-1} \xrightarrow{[H^+]=M} M=4\times 10^{-1}\,mol.L^{-1}$$

با توجه به تک ظرفیتی بودن اسید و باز، پس برای خنثی کردن ۱/۶ مول KOH به ۱/۶ مول HNO_3 نیاز داریم، پس:

$$M=\frac{n}{V} \Rightarrow 0/4=\frac{1/6\,mol}{x\,L} \Rightarrow x=4\,L$$

میانبرمحاسباتی

$$\frac{100\times 80\times 2\times 84}{100\times 28\times 3\times 100}=? \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{{}^{1}\cancel{100}\times\cancel{80}\times\cancel{2}\times{}^{1}\cancel{84}}{\cancel{100}\times\cancel{28}\times\cancel{3}\times\cancel{100}} \xrightarrow{\text{ساده‌سازی}} \frac{80\times 2}{100}=1/6$$

۹ ۳ دی‌الکل سازندهٔ پلی‌اتیلن ترفتالات، اتیلن گلیکول بوده که از هیدروکربن اتن ساخته می‌شود. پس مخلوط اولیه شامل اتن و پروپان بوده است که پروپان با HCl واکنش نمی‌دهد، پس داریم:

$$C_2H_4+HCl \rightarrow C_2H_5Cl$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,C_2H_4=4/48\,L\,HCl\times\frac{1\,mol\,HCl}{22/4\,L\,HCl}\times\frac{1\,mol\,C_2H_4}{1\,mol\,HCl}\times\frac{28\,g\,C_2H_4}{1\,mol\,C_2H_4}=5/6\,g\,C_2H_4$$

$$?\,g\,C_2H_5Cl=4/48\,L\,HCl\times\frac{1\,mol\,HCl}{22/4\,L\,HCl}\times\frac{1\,mol\,C_2H_5Cl}{1\,mol\,HCl}\times\frac{64/5\,g\,C_2H_5Cl}{1\,mol\,C_2H_5Cl}=12/9\,g\,C_2H_5Cl$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{گرم } C_2H_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{لیتر HCl}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}=\frac{\text{گرم } C_2H_5Cl}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{1\times28}=\frac{4/48}{1\times22/4}=\frac{y}{1\times64/5}\Rightarrow x=5/6g\,C_2H_4\ ,\ y=12/9g\,C_2H_5Cl$$

پس در مخلوط اولیه $10-5/6=4/4g\,C_3H_8$ دارد. باید جرم کربن در هر ترکیب را محاسبه کنیم:

$$?\,g\,C=5/6g\,C_2H_4\times\frac{1mol\,C_2H_4}{28g\,C_2H_4}\times\frac{2mol\,C}{1mol\,C_2H_4}\times\frac{12g\,C}{1mol\,C}=4/8g\,C\ ,\ ?\,g\,C=4/4g\,C_3H_8\times\frac{1mol\,C_3H_8}{44g\,C_3H_8}\times\frac{3mol\,C}{1mol\,C_3H_8}\times\frac{12g\,C}{1mol\,C}=3/6g\,C$$

پس درصد جرمی کربن در مخلوط اولیه برابر است با:

$$\text{درصد جرمی کربن}=\frac{\text{جرم کربن}}{\text{جرم کل}}\times100=\frac{4/8+3/6}{10}\times100=\%84$$

۴ ۱۰ واکنش‌های انجام شده:

$$I)\,MgCl_2(l)\rightarrow Mg(l)+Cl_2(g)\sim2e^-\ ,\quad II)\,C_8H_{10}\sim C_8H_6O_4\sim12e^-$$

$$III)\,nC_8H_6O_4+nC_2H_6O_2\rightarrow(C_{10}H_8O_4)_n+2nH_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,MgCl_2=10/6g\,C_8H_{10}\times\frac{1mol\,C_8H_{10}}{106g\,C_8H_{10}}\times\frac{12mol\,e^-(II)}{1mol\,C_8H_{10}}\times\frac{1mol\,e^-(I)}{1mole^-(II)}\times\frac{1mol\,MgCl_2}{2mol\,e^-(I)}\times\frac{95g\,MgCl_2}{1mol\,MgCl_2}=57g\,MgCl_2$$

$$?\,g\,(C_{10}H_8O_4)_n=10/6g\,C_8H_{10}\times\frac{1mol\,C_8H_{10}}{106g\,C_8H_{10}}\times\frac{1mol\,C_8H_6O_4}{1mol\,C_8H_{10}}\times\frac{1mol\,(C_{10}H_8O_4)_n}{n\,mol\,C_8H_6O_4}\times\frac{192n\,g\,(C_{10}H_8O_4)_n}{1mol\,(C_{10}H_8O_4)_n}\times\underbrace{\frac{50}{100}}_{\text{بازده درصدی}}=9/6g\,(C_{10}H_8O_4)_n$$

روش دوم (تناسب): واکنش (I) را در ۶ ضرب می‌کنیم:

$$C_8H_{10}\sim6MgCl_2$$

$$\frac{\text{گرم } C_8H_{10}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم } MgCl_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{10/6}{1\times106}=\frac{x}{6\times95}\Rightarrow x=57g\,MgCl_2$$

واکنش (II) را در n ضرب می‌کنیم:

$$n\,C_8H_{10}\sim(C_{10}H_8O_4)_n$$

$$\frac{\text{گرم } C_8H_{10}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{گرم PET}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{10/6\times\frac{50}{100}}{n\times106}=\frac{y}{1\times192n}\Rightarrow y=9/6g\,(C_{10}H_8O_4)_n$$

فصل دهم: آزمون جامع ۳

۱ ۲ طبق اطلاعات مسئله داریم:

$$\frac{E_a(\text{رفت})}{E_a(\text{برگشت})}=\frac{3}{100}\ \Delta H=\frac{3}{100}(E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت}))\qquad(I)$$

$$E_a(\text{رفت})+E_a(\text{برگشت})=200kJ\Rightarrow E_a(\text{رفت})=200-E_a(\text{برگشت})\qquad(II)$$

با جای‌گذاری معادلهٔ (II) در معادله (I) داریم:

$$\frac{200-E_a(\text{برگشت})}{E_a(\text{برگشت})}=\frac{3}{100}(200-2E_a(\text{برگشت}))\Rightarrow20000-100E_a(\text{برگشت})=600E_a(\text{برگشت})-6(E_a(\text{برگشت}))^2$$

$E_a(\text{برگشت})$ را x فرض می‌کنیم و آن را به‌دست می‌آوریم:

$$6x^2-700x+20000=0$$

پاسخ معادلهٔ درجه ۲ به‌صورت $x=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ است و در این معادله داریم: $a=6$ ، $b=-700$ و $c=20000$. پس

$$x=\frac{700\pm\sqrt{700^2-4(6)(20000)}}{12}=\frac{700\pm\sqrt{10000}}{12}=\frac{700\pm100}{12}\Rightarrow\begin{cases}x_1=\frac{200}{3}\\x_2=50\end{cases}$$

دو مقدار برای $E_a(\text{برگشت})$ به‌دست می‌آید که باید بررسی کنیم و ببینیم کدام جواب شرط مسئله را دارد.

$$x_1=\frac{200}{3}\Rightarrow E_a(\text{رفت})=200-\frac{200}{3}=\frac{400}{3}\qquad(\frac{400}{3}=2(\frac{200}{3}))\qquad x_2=50\Rightarrow E_a(\text{رفت})=200-50=150\qquad(150>2(50))$$

پس x_2 قابل قبول است و برای نسبت داده شده می‌نویسیم:

$$\frac{E_a(\text{رفت})}{\Delta H}=\frac{150}{150-50}=\frac{3}{2}$$

۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل و ناقص اوکتان به صورت زیر است:

$$2C_8H_{18}(l)+17O_2(g)\rightarrow16CO(g)+18H_2O(g)\qquad 2C_8H_{18}(l)+25O_2(g)\rightarrow16CO_2(g)+18H_2O(g)$$

حال باید مقدار اوکتان واکنش نداده و گاز کربن دی‌اکسید تولید شده را محاسبه کنیم تا مقدار کل گازهای کربن‌دار خارج شده از اگزوز را بتوان محاسبه کرد:

$$?\,kg\,CO_2=38L\text{بنزین}\times\frac{0/7kg\ \text{بنزین}}{1L\ \text{بنزین}}\times\frac{10^3mol\ \text{بنزین}}{114kg\ \text{بنزین}}\times\frac{16mol\,CO_2}{2mol\ \text{بنزین}}\times\frac{44kg\,CO_2}{10^3mol\,CO_2}\times\frac{60}{100}=49/28kg\,CO_2$$

با توجه به جرم کربن مونوکسید تولید شده، جرم بنزینی را که در سوختن ناقص شرکت کرده است می‌توان محاسبه کرد و سپس جرم بنزین واکنش نداده را به‌دست آورد:

$$?\,kg\ \text{بنزین}=15/68kg\ CO\times\frac{10^3\,mol\ CO}{28kg\ CO}\times\frac{2mol\ \text{بنزین}}{16mol\ CO}\times\frac{114kg\ \text{بنزین}}{10^3\,mol\ \text{بنزین}}=7/98kg\ \text{بنزین}$$

$$\text{جرم کل بنزین}=38L\ \text{بنزین}\times\frac{0/7kg\ \text{بنزین}}{1L\ \text{بنزین}}=26/6kg\,,\quad \text{جرم بنزین نسوخته}=26/6-(26/6\times\frac{60}{100}+7/98)=2/66kg$$

$$\text{جرم}\ CO\ \text{تولید شده}+\text{جرم}\ CO_2\ \text{تولید شده}+\text{جرم بنزین نسوخته}=\text{جرم کل گازهای کربن‌دار خارج شده از اگزوز}=2/66+49/28+15/68=67/62kg$$

میانبر محاسباتی

$$\frac{38\times0/7\times10^3\times16\times44\times60}{114\times2\times10^3\times100}=?\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}\frac{\overset{1}{38}\times0/7\times10^3\times16\times44\times60}{\underset{2}{114}\times2\times10^3\times100}\xrightarrow[\text{و دسته‌بندی}]{\text{ساده‌سازی}}\frac{\overset{1}{7}\times16\times44\times\overset{1}{6}}{3\times2}\times\frac{10^{-1}\times10}{100}$$

$$\xrightarrow{\text{ساده‌سازی}}7\times16\times44\times10^{-2}=49/28$$

۳ ۳ طبق اطلاعات جدول موجود در صورت مسئله، داریم:

به ازای طی یک کیلومتر مسافت:
- کاهش مقدار CO: $6/19-0/59=5/6g\ CO$
- کاهش مقدار C_7H_{16}: $1/67-0/17=1/5g\ C_7H_{16}$
- کاهش مقدار NO: $1/04-0/14=0/9g\ NO$

پس مبدل کاتالیستی در مجموع به ازای طی هر کیلومتر، از ورود مقدار $8g\ (0/9+1/5+5/6)$ آلاینده به هواکره جلوگیری می‌کند.

اکنون مسافتی که خودرو در یک روز طی می‌کند را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,km=1\ \text{روز}\times\frac{1\ \text{ماه}}{30\ \text{روز}}\times\frac{4800g\ \text{آلاینده}}{1\ \text{ماه}}\times\frac{1km}{8g\ \text{آلاینده}}=2000km$$

در مقابل، معادله‌های واکنش‌های آلاینده‌های حاوی اتم کربن که به تولید گاز کربن دی‌اکسید منجر می‌شود، ارائه شده است: $2CO(g)+O_2(g)\rightarrow2CO_2(g)$

$$C_7H_{16}(g)+11O_2(g)\rightarrow7CO_2(g)+8H_2O(g)$$

حذف CO:

$$?\,L\ CO_2=2000km\times\frac{5/6g\ CO}{1km}\times\frac{1mol\ CO}{28g\ CO}\times\frac{2mol\ CO_2}{2mol\ CO}\times\frac{30L\ CO_2}{1mol\ CO_2}=1200L\ CO_2$$

حذف C_7H_{16}:

$$?\,L\ CO_2=2000km\times\frac{1/5g\ C_7H_{16}}{1km}\times\frac{1mol\ C_7H_{16}}{100g\ C_7H_{16}}\times\frac{7mol\ CO_2}{1mol\ C_7H_{16}}\times\frac{30L\ CO_2}{1mol\ CO_2}=630L\ CO_2$$

پس در مجموع $1830L\ (1200+630)$ گاز کربن دی‌اکسید تولید می‌شود.

۴ ۳ برای حذف گازهای CO و C_6H_{14} واکنش‌های موازنه شدهٔ مقابل انجام می‌شود: $2CO(g)+O_2(g)\rightarrow2CO_2(g)$

$$2C_6H_{14}(g)+19O_2(g)\rightarrow12CO_2(g)+14H_2O(g)$$

از مقدار بخار آب تولید شده، جرم C_6H_{14} مصرفی و کربن دی‌اکسید تولیدی در واکنش دوم را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ C_6H_{14}=126g\ H_2O\times\frac{1mol\ H_2O}{18g\ H_2O}\times\frac{2mol\ C_6H_{14}}{14mol\ H_2O}\times\frac{86g\ C_6H_{14}}{1mol\ C_6H_{14}}=86g\ C_6H_{14}$$

$$?\,g\ CO_2=126g\ H_2O\times\frac{1mol\ H_2O}{18g\ H_2O}\times\frac{12mol\ CO_2}{14mol\ H_2O}\times\frac{44g\ CO_2}{1mol\ CO_2}=264g\ CO_2$$

پس مقدار کربن دی‌اکسید تولیدی در واکنش اول برابر $440g\ (704-264)$ است. حال مقدار CO مصرفی در واکنش اول را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ CO=440g\ CO_2\times\frac{1mol\ CO_2}{44g\ CO_2}\times\frac{2mol\ CO}{2mol\ CO_2}\times\frac{28g\ CO}{1mol\ CO}=280g\ CO$$

اکنون مقدار CO حذف شده به ازای طی یک کیلومتر مسافت را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\ CO(\text{حذف شده})=1km\times\frac{280g\ CO}{50km}=5/6g\ CO$$

پس طبق جدول صورت تست داریم:

$$6/2-a=5/6\Rightarrow a=0/6$$

مقدار C_6H_{14} حذف شده به ازای طی یک کیلومتر مسافت را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\ C_6H_{14}(\text{حذف شده})=1km\times\frac{86g\ C_6H_{14}}{50km}=1/72g\ C_6H_{14}$$

پس طبق جدول صورت تست داریم:

$$b-0/08=1/72\Rightarrow b=1/8$$

در نتیجه مقدار $a+b$ برابر است با:

$$a+b=0/6+1/8=2/4$$

۵ ۲ در مورد تعادل اول سؤالی مطرح نشده، بنابراین آن را نادیده گرفته و مستقیماً به سراغ تعادل دوم می‌رویم:
اگر در هنگام تعادل درصد مولی SO_3، ۱/۵ برابر درصد مولی SO_2 باشد، یعنی مول‌های SO_3، ۱/۵ برابر مول‌های SO_2 است.

$$\frac{1-2x}{2x}=1/5\Rightarrow 1-2x=3x\Rightarrow x=0/2$$

$$2SO_3(g)\rightleftharpoons 2SO_2(g)+O_2(g)$$

مول اولیه	۱	۰	a
تغییر مول	−۲x	+۲x	+x
مول نهایی	۱−۲x	۲x	a+x

$$K=\frac{[SO_2]^2[O_2]}{[SO_3]^2}\Rightarrow 0/5=\frac{(n_{SO_2})^2\times n_{O_2}}{(n_{SO_3})^2}\times\frac{1}{V}\Rightarrow 0/5=\frac{(0/4)^2(a+0/2)}{(0/6)^2}\times\frac{1}{0/4}$$

$$\Rightarrow a+0/2=0/45\Rightarrow a=0/25\ mol$$

جرم گاز اکسیژن اضافه شده برابر است با:

$$?\,g\,O_2=0/25 mol\,O_2\times\frac{32g\,O_2}{1\,mol\,O_2}=8g\,O_2$$

۶ ۴ ابتدا مقدار مول اولیهٔ N_2O_4 را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مقدار مول اولیهٔ } N_2O_4=552g\,N_2O_4\times\frac{1\,mol\,N_2O_4}{92g\,N_2O_4}=6mol\,N_2O_4$$

سپس به کمک جدول تغییر مول مواد شرکت‌کننده و ثابت تعادل، مقدار مول‌های تعادلی را به‌دست می‌آوریم:

$$N_2O_4(g)\rightleftharpoons 2NO_2(aq)$$

مول اولیه	۶	۰
تغییرات مول	−x	+۲x
مول تعادلی	۶−x	۲x

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}=\frac{(n_{NO_2})^2}{n_{N_2O_4}}\times\frac{1}{V}\Rightarrow 2=\frac{(2x)^2}{6-x}\times\frac{1}{2}\Rightarrow\frac{4x^2}{6-x}=4\Rightarrow 4x^2+4x-24=0\Rightarrow x^2+x-6=0$$

پاسخ معادلهٔ درجه ۲ به صورت $x=\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ است، در این معادله داریم: $a=1$، $b=1$ و $c=-6$.

پس

$$x=\frac{-1\pm\sqrt{1^2+4(1)(6)}}{2}=\frac{-1\pm\sqrt{25}}{2}=\frac{-1\pm5}{2}\Rightarrow\begin{cases}x=+2 & (\text{ق})\\ x=-3 & (\text{غ ق})\end{cases}$$

$$\text{مقدار مول تعادلی } NO_2=2x=2\times 2=4mol,\quad \text{مقدار مول تعادلی } N_2O_4=6-x=6-2=4mol$$

با افزایش حجم ظرف، تعادل به سمت مول‌های گازی بیشتر (رفت) جابه‌جا می‌شود، اما ثابت تعادل تغییری نمی‌کند.

$$N_2O_4(g)\rightleftharpoons 2NO_2(g)$$

مول در نخستین لحظهٔ تغییر	۴	۴
تغییرات مول	−y	+۲y
مول تعادلی	۴−y	۴+۲y

$$K=\frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]}=\frac{(n_{NO_2})^2}{n_{N_2O_4}}\times V^{-1}\Rightarrow 2=\frac{(4+2y)^2}{4-y}\times\frac{1}{6}\Rightarrow 16+4y^2+16y=48-12y$$

$$\Rightarrow 4y^2+28y-32=0\Rightarrow y^2+7y-8=0$$

در این معادله داریم: $a=1$، $b=7$ و $c=-8$، پس

$$y=\frac{-7\pm\sqrt{7^2+4(1)(8)}}{2}=\frac{-7\pm\sqrt{81}}{2}\Rightarrow\begin{cases}y=1 & (\text{ق})\\ y=-8 & (\text{غ ق})\end{cases}$$

بنابراین در تعادل جدید ۶ مول NO_2 و ۳ مول N_2O_4 داریم:

$$\text{درصد جرمی } NO_2 \text{ در تعادل جدید}=\frac{6\times 46}{(6\times 46)+(3\times 92)}\times 100=\%50$$

۷ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تولید NH_3 در فرایند هابر:

$$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

ابتدا مول اولیهٔ گازهای N_2 و H_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,H_2=52\,g\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{2g\,H_2}=26\,mol\,H_2,\quad ?\,mol\,N_2=280g\,N_2\times\frac{1\,mol\,N_2}{28g\,N_2}=10mol\,N_2$$

سپس جدول تغییرات مول را رسم می‌کنیم و ثابت تعادل واکنش را در دماهای $200^\circ C$ و $300^\circ C$ محاسبه می‌کنیم:

$$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

مول اولیه	۱۰	۲۶	۰
تغییرات مول	−x	−۳x	+۲x
مول تعادلی	۱۰−x	۲۶−۳x	۲x

محاسبهٔ ثابت تعادل واکنش در دمای $200^\circ C$ (K_1):

$$\text{درصد مولی آمونیاک}=\frac{2x}{(2x)+(10-x)+(26-3x)}\times 100=80\Rightarrow x=8$$

$$K_1=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}=\frac{(n_{NH_3})^2}{n_{N_2}\times(n_{H_2})^3}\times V^2=\frac{16^2}{2\times 2^3}\times 2^2=64$$

محاسبهٔ ثابت تعادل واکنش در دمای $300^\circ C$ (K_2):

$$\text{درصد مولی آمونیاک}=\frac{2x}{(2x)+(10-x)+(26-3x)}\times 100=50\Rightarrow x=6$$

$$K_2=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}=\frac{(n_{NH_3})^2}{n_{N_2}\times(n_{H_2})^3}\times V^2=\frac{12^2}{4\times 8^3}\times 2^2=\frac{9}{32}$$

اکنون حاصل‌ضرب K_1 در K_2 را به‌دست می‌آوریم:

$$K_1\times K_2=64\times\frac{9}{32}=18$$

۸ ۳ جدول تغییرات مول را بررسی می‌کنیم:

$$PCl_5\rightleftharpoons PCl_3+Cl_2$$

مول اولیه	۲/۱	۰	۰
تغییرات مول	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$2/1-x$	x	x

از رابطهٔ ثابت تعادل داریم:

$$K=\frac{[Cl_2][PCl_3]}{[PCl_5]}=\frac{n_{Cl_2}\times n_{PCl_3}}{n_{PCl_5}}\times V^{-1}$$

$$\frac{x^2}{2/1-x}\times\frac{1}{5}=0/01\Rightarrow x^2=0/105-0/05x\Rightarrow x^2+0/05x-0/105=0\Rightarrow x=\frac{-0/05\pm\sqrt{0/4225}}{2}\Rightarrow\begin{cases}x=-0/35 & \text{غ ق ق}\\ x=0/3 & \text{ق ق}\end{cases}$$

اختلاف جرم PCl_3 و Cl_2 برابر است با:

$$0/3\times 137/5-0/3\times 71=19/95g$$

برقکافت سدیم کلرید مذاب:

$$2NaCl(l)\rightarrow 2Na(l)+Cl_2(g)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,NaCl=0/3\,mol\,Cl_2\times\frac{2\,mol\,NaCl}{1\,mol\,Cl_2}\times\frac{58/5\,g\,NaCl}{1\,mol\,NaCl}=35/1\,g\,NaCl$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}\ NaCl\ \text{گرم}}{\text{ضریب}\ Cl_2\ \text{مول}}=\frac{x}{2\times 58/5}=\frac{0/3}{1}\Rightarrow x=35/1\,g\,NaCl$$

۹ ۲ با توجه به تعادل اولیه، مول CO_2 اولیه را محاسبه می‌کنیم:

$$K_1=[CO_2]=\frac{n_{CO_2}}{5}=0/02\Rightarrow n_{CO_2}=0/1\,mol$$

حجم ۲ برابر و K، ۳ برابر می‌شود، پس داریم:

$$K_2=[CO_2]=\frac{n'_{CO_2}}{10}=0/06\Rightarrow n'_{CO_2}=0/6\,mol$$

پس در این تغییرات $0/6-0/1=0/5\,mol$ گاز کربن دی‌اکسید تولید شده است که کاهش جرم مواد جامد داخل ظرف نیز برابر همین مقدار است:

$$?\,g\,CO_2=0/5\,mol\,CO_2\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=22\,g\,CO_2$$

طبق قانون هنری انحلال‌پذیری CO_2 در فشار $4\,atm$ در $100\,g$ آب برابر است با:

$$S=4\times 0/011=0/044g$$

داریم:

$$?\,L\ \text{محلول}=0/6\,mol\,CO_2\times\frac{44\,g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}\times\frac{100\,g\ \text{محلول}}{0/044\,g\,CO_2}\times\frac{1\,kg\ \text{محلول}}{10^3\,g\ \text{محلول}}\times\frac{1\,L\ \text{محلول}}{1\,kg\ \text{محلول}}=60\,L\ \text{محلول}$$

۱۰ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$C_8H_{10}+4KMnO_4\rightarrow C_8H_6O_4+4MnO_2+4KOH$$

در این واکنش، عدد اکسایش ۲ اتم کربن از (-3) به $(+3)$ تغییر می‌کند، پس به ازای مصرف هر مول پارازایلن، ۴ مول پتاسیم هیدروکسید تولید و ۱۲ مول الکترون مبادله می‌شود.

$$?\,mol\,KOH=0/12\,mol\,e^-\times\frac{4\,mol\,KOH}{12\,mol\,e^-}=0/04\,mol\,KOH$$

برای خنثی کردن ۰/۰۴ مول KOH به ۰/۰۴ مول اسید تک‌ظرفیتی مانند استیک اسید نیاز است. غلظت محلول استیک اسید را محاسبه می‌کنیم $(K_a<10^{-3})$:

$$pH=-\log[H^+]\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-2/7}=10^{0/3}\times 10^{-3}=10^{\log 2}\times 10^{-3}=2\times 10^{-3}\ mol.L^{-1}$$

$$K_a=\frac{[H^+]^2}{M}\Rightarrow 2\times 10^{-5}=\frac{(2\times 10^{-3})^2}{M}\Rightarrow M=0/2\,mol.L^{-1},\quad M=\frac{n}{V}\Rightarrow 0/2=\frac{0/04\,mol}{V}\Rightarrow V=0/2L=200mL$$

اتیلن گلیکول با ترفتالیک اسید تولیدی به‌صورت مقابل واکنش می‌دهد:

$$n\,C_2H_6O_2+n\,C_8H_6O_4\rightarrow\text{-}(C_{10}H_8O_4)\text{-}_n+2n\,H_2O$$

$$?\,g\,C_2H_6O_2=0/12\,mol\,e^-\times\frac{1\,mol\,C_8H_6O_4}{12\,mol\,e^-}\times\frac{n\,mol\,C_2H_6O_2}{n\,mol\,C_8H_6O_4}\times\frac{62\,g\,C_2H_6O_2}{1\,mol\,C_2H_6O_2}=0/62\,g\,C_2H_6O_2$$

پاسخ تشریحی آزمون‌های جامع فصل یازدهم

فصل یازدهم: آزمون جامع ۱ - کنکور

۱ ۴ با توجه به اطلاعات داده شده، رابطهٔ میان دمای هوا (θ) و ارتفاع (h) به‌صورت مقابل است: $\theta=-۶h+\theta_{۰}$

در ارتفاع مورد نظر، دمای هوا، ۲۰ درصد مقدار آن در سطح زمین است $(۲۴\times\frac{۲۰}{۱۰۰}=۴/۸)$، پس داریم:

$$۴/۸=-۶h+۲۴\Rightarrow ۶h=۱۹/۲\Rightarrow h=۳/۲km$$

۲ ۳ **قسمت اول:** شمار اتم‌ها در ۰/۲ مول گاز آمونیاک برابر است با:

$$?\,mol\,atom=۰/۲mol\,NH_۳\times\frac{۴mol\,atom}{۱mol\,NH_۳}\times\frac{N_A\,atom}{۱mol\,atom}=۰/۸N_A$$

پس شمار مولکول‌ها در x گرم $CH_۴$ نیز برابر $۰/۸N_A$ است:

$$?\,g\,CH_۴=۰/۸N_A\,\text{مولکول}\times\frac{۱mol\,CH_۴}{N_A\,CH_۴\,\text{مولکول}}\times\frac{۱۶g\,CH_۴}{۱mol\,CH_۴}=۱۲/۸\,g\,CH_۴$$

قسمت دوم: شمار مول‌های $NH_۳$ و $CH_۴$ در این مخلوط به‌ترتیب برابر با ۰/۲ و ۰/۸ است، بنابراین حجم مخلوط در شرایط STP برابر است با:

$$?\,L\,\text{گاز}=(۰/۲+۰/۸)\,mol\,\text{گاز}\times\frac{۲۲/۴L\,\text{گاز}}{۱mol\,\text{گاز}}=۲۲/۴L\,\text{گاز}$$

۳ ۲ معادلهٔ اکسایش گلوکز در بدن به‌صورت مقابل است: $C_۶H_{۱۲}O_۶(aq)+۶O_۲(g)\rightarrow ۶CO_۲(g)+۶H_۲O(l)$

ابتدا مقدار مول $CO_۲$ که ۸ درخت در سال مصرف می‌کند را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,CO_۲\,(\text{مصرفی})=۸\,\text{درخت}\times\frac{۳۶kg\,CO_۲}{۱\,\text{درخت}}\times\frac{۱۰^۳g\,CO_۲}{۱kg\,CO_۲}\times\frac{۱mol\,CO_۲}{۴۴g\,CO_۲}\simeq ۶۵۴۵mol\,CO_۲$$

سپس محاسبه می‌کنیم که میزان گلوکز مصرفی انسان در شبانه‌روز چقدر است:

$$?\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶=۱\,\text{روز}\times\frac{۱\,\text{سال}}{۳۶۵\,\text{روز}}\times\frac{۶۵۴۵mol\,CO_۲}{۱\,\text{سال}}\times\frac{۱mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۶mol\,CO_۲}\simeq ۳mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶$$

۴ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $MBr_n(s)+n\,LiOH(aq)\rightarrow M(OH)_n(s)+n\,LiBr(aq)$

راه اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,M(OH)_n=۴۳/۲\,g\,MBr_n\times\frac{۱mol\,MBr_n}{(M+۸۰\times n)\,g\,MBr_n}\times\frac{۱mol\,M(OH)_n}{۱mol\,MBr_n}\times\frac{(M+۱۷\times n)\,g\,M(OH)_n}{۱mol\,M(OH)_n}=۱۸\,g\,M(OH)_n\Rightarrow\frac{M}{n}=۲۸$$

راه دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم }MBr_n}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم }M(OH)_n}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۴۳/۲}{(M+۸۰\times n)\times ۱}=\frac{۱۸}{(M+۱۷\times n)\times ۱}\Rightarrow\frac{M}{n}=۲۸$$

۵ ۴
$$\text{درصد جرمی محلول جدید}=\frac{(\text{درصد جرمی ۲}\times\text{جرم محلول ۲})+(\text{درصد جرمی ۱}\times\text{جرم محلول ۱})}{\text{مجموع جرم محلول‌ها}}=\frac{(۵۰۰\times ۱۲)+(۳۰۰\times ۱۰)}{۳۰۰+۵۰۰}=٪۱۱/۲۵$$

۶ ۴ ابتدا جرم یون سولفات $(SO_۴^{۲-})$ موجود در محلول سدیم سولفات $(Na_۲SO_۴)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰^۶\Rightarrow ۱۳۸۰=\frac{x\,g\,Na^+}{۱۰۰}\times ۱۰^۶\Rightarrow x=۰/۱۳۸g\,Na^+$$

$$?\,g\,SO_۴^{۲-}=۰/۱۳۸g\,Na^+\times\frac{۱mol\,Na^+}{۲۳g\,Na^+}\times\frac{۱mol\,SO_۴^{۲-}}{۲mol\,Na^+}\times\frac{۹۶g\,SO_۴^{۲-}}{۱mol\,SO_۴^{۲-}}=۰/۲۸۸g\,SO_۴^{۲-}$$

اکنون جرم یون سولفات موجود در ۴۰ میلی‌گرم $Fe_۲(SO_۴)_۳$ را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,SO_۴^{۲-}=۴۰\times۱۰^{-۳}g\,Fe_۲(SO_۴)_۳\times\frac{۱mol\,Fe_۲(SO_۴)_۳}{۴۰۰g\,Fe_۲(SO_۴)_۳}\times\frac{۳mol\,SO_۴^{۲-}}{۱mol\,Fe_۲(SO_۴)_۳}\times\frac{۹۶g\,SO_۴^{۲-}}{۱mol\,SO_۴^{۲-}}=۰/۰۲۸۸g\,SO_۴^{۲-}$$

در پایان با توجه به مجموع جرم $SO_۴^{۲-}$ در محلول و جرم نهایی محلول، غلظت ppm این یون را در محلول نهایی محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{مجموع جرم }SO_۴^{۲-}}{\text{جرم محلول}}\times ۱۰^۶=\frac{(۰/۲۸۸+۰/۰۲۸۸)}{۱۰۰}\times ۱۰^۶=۳۱۶۸ppm$$

۴ ۷ قسمت اول: ابتدا مول NaOH حل شده در محلول اولیه را محاسبه می‌کنیم: $\text{مول NaOH} = \text{حجم محلول} \times \text{غلظت مولی} = ۰/۱ \times ۰/۲ = ۲ \times ۱۰^{-۲}\ \text{mol}$

با اضافه شدن ۵۰ میلی‌لیتر آب خالص، حجم محلول به ۲۵۰ میلی‌لیتر می‌رسد، پس غلظت مولی محلول ثانویه برابر است با:

$$\text{غلظت مولی} = \frac{\text{مول حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}} = \frac{۲ \times ۱۰^{-۲}\ \text{mol}}{۰/۲۵\ \text{L}} = ۰/۰۸\ \text{mol.L}^{-۱}$$

اکنون درصد تغییرات غلظت مولی محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$٪\Delta M = \frac{|۰/۰۸ - ۰/۱|}{۰/۱} \times ۱۰۰ = ٪۲۰$$

قسمت دوم: غلظت مولی محلول نهایی برابر $۰/۰۸\ \text{mol.L}^{-۱}$ است؛ پس خواهیم داشت:

$$? \frac{\text{g}}{\text{L}} = ۰/۰۸ \frac{\text{mol NaOH}}{\text{L}} \times \frac{۴۰\ \text{g NaOH}}{۱\ \text{mol NaOH}} = ۳/۲ \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

۱ ۸ قسمت اول: انحلال‌پذیری نمک را در دمای ۱۰°C برابر S گرم در نظر می‌گیریم و خواهیم داشت:

$$٪\text{جرمی} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times ۱۰۰ \Rightarrow ٪۴۴/۴ = \frac{S}{S+۱۰۰} \times ۱۰۰ \Rightarrow S \simeq ۸۰\text{g}$$

با توجه به نمودار داده شده، نمک مورد نظر $NaNO_۳$ است.

قسمت دوم: انحلال‌پذیری $NaNO_۳$ در دمای ۱۰°C برابر ۸۰g در ۱۰۰ گرم آب است؛ یعنی در ۱۰۰ گرم آب حداکثر ۸۰ گرم $NaNO_۳$ حل شده و ۱۸۰g محلول ایجاد می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$? \text{g NaNO}_۳ = ۴۵۰\text{g محلول} \times \frac{۸۰\text{g NaNO}_۳}{۱۸۰\text{g محلول}} = ۲۰۰\text{g NaNO}_۳$$

۴ ۹ ابتدا معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{شیب } (a) = \frac{S_۲ - S_۱}{\theta_۲ - \theta_۱} = \frac{۲۵ - ۳۵}{۷۰ - ۱۰} = \frac{-۱۰}{۶۰} = \frac{-۱}{۶}$$

$$S - S_۰ = a(\theta - \theta_۰) \Rightarrow S - ۳۵ = -\frac{۱}{۶}(\theta - ۱۰) \Rightarrow S = -\frac{۱}{۶}\theta + ۳۶/۶$$

در محلول ۲ مولار این نمک در هر ۱۰۰۰mL محلول که معادل ۱۰۰۰g از آن است، ۲ مول از این نمک یافت می‌شود:

$$\text{جرم نمک موجود در ۱۰۰۰g محلول} = ۲\ \text{mol نمک} \times \frac{۱۱۰\text{g نمک}}{۱\ \text{mol نمک}} = ۲۲۰\text{g نمک}$$

در ۱۰۰۰g از این محلول، ۲۲۰g نمک وجود دارد؛ بنابراین ۷۸۰g (۱۰۰۰−۲۲۰) حلال در این محلول وجود دارد. اکنون انحلال‌پذیری این نمک را به‌دست می‌آوریم:

$$S_۱ = ۱۰۰\text{g حلال} \times \frac{۲۲۰\text{g نمک}}{۷۸۰\text{g حلال}} = ۲۸/۲\text{g}$$

در ادامه دمای این محلول سیرشده را به کمک معادلهٔ انحلال‌پذیری به‌دست می‌آوریم:

$$S = \frac{-۱}{۶}\theta + ۳۶/۶ \Rightarrow ۲۸/۲ = -\frac{۱}{۶}\theta + ۳۶/۶ \Rightarrow \theta = ۵۰/۵^\circ\text{C}$$

همچنین انحلال‌پذیری این نمک در دمای $۶۵/۵^\circ\text{C}$ (۵۰/۵+۱۵) به‌دست می‌آید:

$$S_۲ - \frac{۱}{۶}\theta + ۳۶/۶ \Rightarrow S_۲ = -\frac{۱}{۶}(۶۵/۵) + ۳۶/۶ = ۲۵/۶۸\ \text{g}$$

در آخر درصد رسوب تشکیل‌شده در اثر تغییر دما را از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آوریم:

$$٪\text{رسوب} = \frac{\Delta S}{S_۱} \times ۱۰۰ = \frac{۲۸/۲ - ۲۵/۶۸}{۲۸/۸} \times ۱۰۰ \simeq ٪۸/۹$$

۴ ۱۰ ابتدا با توجه به شمار مول‌های NaCl تولیدی، شمار مول $CaCl_۲$ مصرفی را محاسبه می‌کنیم: $۳CaCl_۲ + ۲Na_۳PO_۴ \rightarrow Ca_۳(PO_۴)_۲ + ۶NaCl$

روش اول (کسر تبدیل):

$$? \text{mol CaCl}_۲ = ۰/۷۲\text{mol NaCl} \times \frac{۳\text{mol CaCl}_۲}{۶\text{mol NaCl}} = ۰/۳۶\text{mol CaCl}_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } CaCl_۲}{\text{ضریب}} = \frac{\text{مول NaCl}}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x\ \text{mol CaCl}_۲}{۳} = \frac{۰/۷۲}{۶} \Rightarrow x = ۰/۳۶\text{mol CaCl}_۲$$

هر مول $CaCl_۲$ شامل ۳ مول یون است، پس شمار مول یون‌های موجود در ۰/۳۶ مول از $CaCl_۲$ برابر است با: $\text{شمار مول یون‌ها} = ۰/۳۶ \times ۳ = ۱/۰۸\ \text{mol}$

پس مجموع غلظت مولی یون‌ها در محلول آغازی $CaCl_۲$ برابر است با:

$$\text{غلظت یون‌ها} = \frac{n\,(\text{mol})}{V(\text{L})} = \frac{۱/۰۸}{۰/۸\text{L}} = ۱/۳۵\ \text{mol.L}^{-۱}$$

۱ ۱۱ موازنه را به روش وارسی شروع کرده و ابتدا عنصر کروم و پتاسیم، سپس گوگرد و هیدروژن را موازنه می‌کنیم:

$$۵H_۲SO_۴(aq) + ۲K_۲CrO_۴(aq) + NaNO_۲ \rightarrow ۱Cr_۲(SO_۴)_۳(aq) + ۲K_۲SO_۴(aq) + NaNO_۳(aq) + ۵H_۲O(l)$$

در ادامه برای موازنهٔ $NaNO_۲$ و $NaNO_۳$ باید از روش جبری استفاده کنیم. به این صورت که با توجه به اینکه Na فقط در این دو ترکیب وجود دارد، ضرایب این دو ترکیب را x قرار داده و با تشکیل معادله برای اتم‌های اکسیژن، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$۵(۴) + ۲(۴) + x(۲) = ۱(۳\times۴) + ۲(۴) + x(۳) + ۵(۱) \Rightarrow x = ۳$$

پس خواهیم داشت:

$$۵H_۲SO_۴(aq) + ۲K_۲CrO_۴(aq) + ۳NaNO_۲(aq) \rightarrow Cr_۲(SO_۴)_۳(aq) + ۲K_۲SO_۴(aq) + ۳NaNO_۳(aq) + ۵H_۲O(l)$$

قسمت اول: مجموع ضرایب استوکیومتری مواد شرکت‌کننده در این واکنش برابر ۲۱ است.

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Cr_2(SO_4)_3\ (\text{مقدار نظری}) = 82/8\,g\,NaNO_2 \times \frac{1\,mol\,NaNO_2}{69\,g\,NaNO_2} \times \frac{1\,mol\,Cr_2(SO_4)_3}{3\,mol\,NaNO_2} \times \frac{392\,g\,Cr_2(SO_4)_3}{1\,mol\,Cr_2(SO_4)_3} = 156/8\,g\,Cr_2(SO_4)_3\ (\text{مقدار نظری})$$

$$\text{بازده درصدی} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{141/12\,g}{156/8\,g} \times 100 = \%90$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } NaNO_2 \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } Cr(SO_4)_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{82/8 \times \frac{R}{100}}{69 \times 3} = \frac{141/12}{392 \times 1} \Rightarrow R = \%90$$

۱۲ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$4C_3H_5N_3O_9(l) \rightarrow 12CO_2(g) + 10H_2O(l) + 6N_2(g) + O_2(g)$$

* **توجه** در شرایط STP (فشار ۱atm و دمای $0^\circ C$)، حالت فیزیکی H_2O گاز نیست و نباید آن را جزو فراورده‌های گازی در نظر بگیریم.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\ \text{گاز} = 363/2\,g\,C_3H_5N_3O_9 \times \underbrace{\frac{P}{100}}_{\text{درصد خلوص}} \times \frac{1\,mol\,C_3H_5N_3O_9}{227\,g\,C_3H_5N_3O_9} \times \frac{19\,mol\ \text{گاز}}{4\,mol\,C_3H_5N_3O_9} \times \frac{22/4\,L}{1\,mol\ \text{گاز}} = 127/68\,L \Rightarrow P = \%75$$

روش دوم (کسر تناسب):

$$\frac{\text{جرم } C_3H_5N_3O_9 \times \text{درصد خلوص}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{لیتر گازها (STP)}}{\text{(مجموع ضرایب گازها)} \times 22/4} \Rightarrow \frac{363/2 \times \frac{P}{100}}{4 \times 227} = \frac{127/68}{19 \times 22/4} \Rightarrow P = \%75$$

۱۳ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$$

اگر مول اولیهٔ NH_3 و O_2 را به‌ترتیب برابر $4a$ و $5a$ مول در نظر بگیریم، خواهیم داشت:

$$4NH_3(g) + 5O_2(g) \rightarrow 4NO(g) + 6H_2O(g)$$

مول اولیه	$4a$	$5a$	۰	۰
تغییرات مول	$-4x$	$-5x$	$+4x$	$+6x$
مول نهایی	$4a-4x$	$5a-5x$	$4x$	$6x$

با توجه به اینکه جرم فراوردهٔ تولید شده برابر ۴/۵۶g است، مقدار x را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مجموع جرم فراورده‌ها} = \left[4x\,mol\,Na \times \frac{30\,g\,NO}{1\,mol\,NO}\right] + \left[6x\,mol\,H_2O \times \frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}\right] = 4/56$$

$$\Rightarrow 120x + 108x = 4/56 \Rightarrow 228x = 4/56 \Rightarrow x = 0/02$$

حال با توجه به اینکه پیشرفت ۲۰٪ است، مقدار a را محاسبه می‌کنیم:

$$\%\,\text{پیشرفت واکنش} = \frac{\text{مول نهایی } H_2O}{\text{مول } H_2O \text{ با فرض کامل بودن واکنش}} \times 100 \Rightarrow \%20 = \frac{6x}{6a} \times 100 \Rightarrow a = 5x \xrightarrow{x=0/02} a = 5 \times 0/02 = 0/1\,mol$$

اکنون حجم NH_3 در شرایط STP در آغاز واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{حجم } NH_3 \text{ اولیه} = 4(0/1)\,mol\,NH_3 \times \frac{22/4\,L\,NH_3}{1\,mol\,NH_3} = 8/96\,L\,NH_3$$

۱۴ ۳ برای موازنهٔ واکنش، ابتدا ضرایب گونه‌ها را به روش وارسی موازنه می‌کنیم:

$$6NH_4Cl(aq) + a\,MnO_2(s) + 3Zn(s) \rightarrow 3ZnCl_2(aq) + \frac{a}{2}Mn_2O_3(s) + 6NH_3(aq) + 3H_2O(l)$$

سپس ضرایب MnO_2 و Mn_2O_3 را به‌ترتیب a و $\frac{a}{2}$ در نظر می‌گیریم:

$$\text{موازنهٔ اکسیژن: } 2a = \frac{3a}{2} + 3 \Rightarrow a = 6$$

معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است: $6NH_4Cl(aq) + 6MnO_2(s) + 3Zn(s) \rightarrow 3ZnCl_2(aq) + 3Mn_2O_3(s) + 6NH_3(aq) + 3H_2O(l)$

روش اول (کسر تبدیل): ابتدا مقدار نظری Mn_2O_3 را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Mn_2O_3 = 0/16\,L\ \text{محلول} \times \frac{2/5\,mol\,NH_4Cl}{1\,L\ \text{محلول}} \times \frac{3\,mol\,Mn_2O_3}{6\,mol\,NH_4Cl} \times \frac{158\,g\,Mn_2O_3}{1\,mol\,Mn_2O_3} = 31/6\,g\,Mn_2O_3\ (\text{نظری})$$

در ادامه بازده واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{بازده واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{26/86}{31/6} \times 100 = \%85$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت} \times \text{لیتر محلول} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } NH_4Cl}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{0/16 \times 2/5 \times \frac{R}{100}}{6} = \frac{26/86}{3 \times 158} \Rightarrow R = \%85$$

۱۵ **۲** اتان (C_2H_6) به دلیل سیرشده بودن با Br_2 واکنش نمی‌دهد ولی پروپین (C_3H_4) با Br_2 واکنش داده و به ترکیب سیرشدهٔ $C_3H_4Br_4$ تبدیل می‌شود: (در شرایط استاندارد، $C_3H_4Br_4$ مایع است.)

$$C_3H_4(g)+2Br_2(g)\rightarrow C_3H_4Br_4(l)$$

برای حل این تست، مقدار مول پروپین را x مول در نظر می‌گیریم. میزان افزایش جرم محتویات برابر جرم Br_2 شرکت کرده در واکنش است؛ پس خواهیم داشت:

$$?\,g\,Br_2\ \text{مصرفی}=x\,mol\,C_3H_4\times\frac{2mol\,Br_2}{1mol\,C_3H_4}\times\frac{160g\,Br_2}{1mol\,Br_2}=320x\,g\,Br_2$$

$$\%\ \text{افزایش جرم}=\frac{\text{جرم اضافه شده}}{\text{جرم اولیه}}\times100\Rightarrow50\%=\frac{320x}{9/6}\times100\Rightarrow x=0/015$$

طی واکنش C_3H_4 که یک مادهٔ گازی است به یک ترکیب مایع تبدیل می‌شود ولی C_2H_6 همچنان گاز باقی می‌ماند، پس تفاوت حجم گازها در ابتدا و انتهای واکنش معادل حجم C_3H_4 مصرفی است که برابر است با:

$$?\,L\,C_3H_4=0/015mol\,C_3H_4\times\frac{22/4L\,C_3H_4}{1mol\,C_3H_4}=0/336L\,C_3H_4$$

۱۶ **۴** با توجه به اطلاعات سؤال داریم:

$$\begin{cases}c_M=2c_X\\ m_M=m_X=m\end{cases}$$

نسبت ظرفیت گرمایی $(C=mc)$ به ظرفیت گرمایی ویژه (c) برابر جرم ماده است؛ پس با توجه به داده‌های سؤال، این نسبت در هر دو مایع M و X برابر است.

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): اگر Q داده شده به هر دو مایع برابر باشد، داریم:

$$Q_M=Q_X\Rightarrow(mc\Delta\theta)_M=(mc\Delta\theta)_X\Rightarrow2c_X\times\Delta\theta_M=c_X\times\Delta\theta_X\Rightarrow2\Delta\theta_M=\Delta\theta_X\Rightarrow\Delta\theta_M=\frac{\Delta\theta_X}{2}$$

پس تغییر دمای M، نصف تغییر دمای X است. گزینهٔ (۲): اگر $\Delta\theta_X=4\Delta\theta_M$ باشد، داریم:

$$Q_M=mc_M\Delta\theta_M=m\times2c_X\times\frac{\Delta\theta_X}{4}=\frac{m\times c_X\times\Delta\theta_X}{2}=\frac{Q_X}{2}$$

پس گرمای داده شده به M، نصف گرمای داده شده به X است.

گزینهٔ (۳): با فرض اینکه دمای اولیهٔ دو مایع برابر باشد، می‌توان نتیجه گرفت که $\Delta\theta_M=\Delta\theta_X$ است؛ پس داریم:

$$\frac{Q_M}{Q_X}=\frac{mc_M\Delta\theta_M}{mc_X\Delta\theta_X}=\frac{2c_X}{c_X}=2$$

۱۷ **۳** ابتدا آنتالپی سوختن متانول را که به ازای یک مول از آن به‌دست می‌آید، محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H_{\text{سوختن}}(CH_3OH)=1mol\,CH_3OH\times\frac{-144kJ}{0/2mol\,CH_3OH}=-720kJ$$

پس آنتالپی سوختن پروپین برابر است با:

$$\Delta H_{\text{سوختن}}(C_3H_4)=2/7\times\Delta H_{\text{سوختن}}(CH_3OH)=2/7\times(-720)=-1944kJ.mol^{-1}$$

نکته

با توجه به قانون هس و با داشتن آنتالپی سوختن مواد شرکت‌کننده در واکنش، می‌توان از رابطهٔ زیر برای تعیین ΔH یک واکنش استفاده کرد:

ΔH (واکنش) = [مجموع آنتالپی سوختن مواد فراورده] − [مجموع آنتالپی سوختن مواد واکنش‌دهنده]

پس داریم:

$$-282=[(-1944)+2(-286)]-[\Delta H_{\text{سوختن}}(C_3H_8)]\Rightarrow\Delta H_{\text{سوختن}}(C_3H_8)=-2234kJ.mol^{-1}$$

۱۸ **۴** ابتدا به کمک معادله‌های کمکی، ΔH واکنش هدف را به‌دست می‌آوریم. به این منظور، واکنش (I) را ۲ برابر، واکنش (II) را ۲ برابر و معکوس و واکنش (III) را معکوس می‌کنیم:

$$\text{I})\ 2N_2(g)+2O_2(g)\rightarrow4NO(g),\qquad \Delta H'_{(I)}=2(+180)=360kJ$$

$$\text{II})\ 4NO(g)+2O_2(g)\rightarrow4NO_2(g),\qquad \Delta H'_{(II)}=-2(+118)=-236kJ$$

$$\text{III})\ 2N_2O_5(g)\rightarrow2N_2(g)+5O_2(g),\qquad \Delta H'_{(III)}=-(-22)=+22kJ$$

$$\text{واکنش هدف}: 2N_2O_5(g)\rightarrow4NO_2(g)+O_2(g),\ \Delta H=(360)+(-236)+(+22)=146kJ$$

سپس گرمای مورد نیاز به‌ازای مصرف یک مول N_2O_5 را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,kJ=1mol\,N_2O_5\times\frac{146kJ}{2mol\,N_2O_5}=73kJ$$

۱۹ **۴** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل گاز اتن به‌صورت «$C_2H_4(g)+3O_2(g)\rightarrow2CO_2(g)+2H_2O(g)$» است. با توجه به معادلهٔ واکنش، سرعت واکنش نصف سرعت متوسط تولید بخار آب است، چرا که ضریب استوکیومتری بخار آب در معادلهٔ موازنه شده برابر با ۲ است؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\bar{R}_{H_2O}=2\times\bar{R}_{\text{واکنش}}=2\times2/4\,mol.L^{-1}.min^{-1}=4/8\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

$$\bar{R}_{H_2O}=\frac{\text{مول } H_2O}{\text{زمان}\times\text{حجم ظرف}}\Rightarrow ۴/۸=\frac{\frac{۱۴/۴}{۱۸}}{۲\times\Delta t(\min)}\Rightarrow \Delta t=۰/۰۸۳۳\,\min=۵\,s$$

۲۰ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت: $2AX_3(g)\rightarrow A_2(g)+3X_2(g)$ است. ضریب استوکیومتری AX_3، ۲ برابر A_2 است و با توجه به نمودار آن نیز، تغییرات AX_3، ۲ برابر A_2 می‌باشد. با توجه به اینکه ضریب X_2 سه برابر ضریب A_2 است، پس غلظت X_2 در دقیقهٔ ۴ برابر ۰/۰۹ (۳×۰/۰۳) بوده و در نتیجه مجموع مول گونه‌های واکنش برابر است با:

$$\text{مجموع غلظت گونه‌ها}=[A_2]+[X_2]+[AX_3]=۰/۰۳+۰/۰۹+۰/۰۶=۰/۱۸\,mol.L^{-1}$$

$$\text{مجموع مول گونه‌ها}=\text{ظرف }۵L\times\frac{\text{گاز }۰/۱۸mol}{\text{ظرف }۱L}=\text{گاز }۰/۹mol$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): ضریب استوکیومتری X_2، ۱/۵ برابر ضریب AX_2 است؛ بنابراین میزان تغییرات غلظت X_2 باید ۱/۵ برابر تغییرات غلظت AX_2 باشد، یعنی اگر غلظت AX_3 به میزان ۰/۰۳ (۰/۱۲−۰/۰۹) کاهش یابد، غلظت X_2 باید به میزان ۰/۰۴۵ (۰/۰۳×۱/۵) تغییر کند که در این گزینه به این صورت نیست! گزینهٔ (۲): تغییرات غلظت گونه‌های A_2 و X_2 در این گزینه متناسب با ضرایب استوکیومتری آن‌ها است و همانند گزینهٔ (۳)، در دقیقهٔ ۴، ۰/۰۳ مول A_2، ۰/۰۹ مول X_2 و ۰/۰۶ مول AX_2 وجود دارد که مجموع مول گازی در آن برابر ۰/۹ است، نه ۰/۱۸ مول! گزینهٔ (۴): ضریب X_2، ۳ برابر ضریب A_2 است، پس در مدت زمان یکسان، تغییرات غلظت X_2 باید ۳ برابر A_2 باشد که این‌گونه نیست!

۲۱ ۴ ابتدا با توجه به مقدار pH و درجهٔ یونش اسید، غلظت مولی آن را به‌دست می‌آوریم:

$$[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱/۷}=۱۰^{-۲}\times۱۰^{۰/۳}=۲\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+]=M.\alpha\Rightarrow ۲\times۱۰^{-۲}=M\times۰/۱\Rightarrow M=۰/۲\,mol.L^{-1}$$

اکنون شمار مول اسید و در نهایت جرم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,HA=\text{محلول }۰/۸L\times\frac{۰/۲mol\,HA}{۱L\text{ محلول}}\times\frac{۴۷g\,HA}{۱mol\,HA}=۷/۵۲g\,HA$$

۲۲ ۱ با توجه به اینکه $E^\circ_{روی}$ از $E^\circ_{نقره}$ کوچک‌تر است؛ پس در سلول گالوانی حاصل از آن‌ها، تیغهٔ روی، آند و تیغهٔ نقره، کاتد است:

$$Zn(s)+2Ag^+(aq)\rightarrow Zn^{2+}(aq)+2Ag(s)\sim 2e^-$$

حال با توجه به اینکه $E^\circ_{آلومینیم}$ از $E^\circ_{مس}$ کوچک‌تر است؛ پس در سلول گالوانی حاصل از آن‌ها، تیغهٔ آلومینیم آند و تیغهٔ مس کاتد است:

$$2Al(s)+3Cu^{2+}(aq)\rightarrow 2Al^{3+}(aq)+3Cu(s)\sim 6e^-$$

در ادامه با توجه به دادهٔ مسئله ابتدا شمار الکترون‌های مبادله شده در سلول «روی – نقره» را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,e^-\text{ (مبادله شده)}=۱/۹۵g\,Zn\times\frac{۱mol\,Zn}{۶۵g\,Zn}\times\frac{۲mol\,e^-}{۱mol\,Zn}=۰/۰۶mol\,e^-$$

سپس با توجه به اینکه شمار الکترون‌های مبادله شده در سلول «روی – نقره»، ۰/۳ برابر سلول «آلومینیم – مس» است، می‌توان نتیجه گرفت که شمار الکترون‌های مبادله شده در سلول «آلومینیم – مس» برابر ۰/۲ مول است. به این ترتیب می‌توانیم افزایش جرم کاتد، یعنی مس را در این سلول به‌دست آوریم:

$$\text{میزان افزایش جرم }Cu=۰/۲mol\,e^-\times\frac{۳mol\,Cu}{۶mol\,e^-}\times\frac{۶۴g\,Cu}{۱mol\,Cu}=۶/۴g\,Cu$$

۲۳ ۱ ابتدا جدول تغییر مول را برای این تعادل رسم می‌کنیم:

$$3H_2 + N_2 \rightarrow 2NH_3$$

مول اولیه	۴	۳	۰
تغییر مول	$-3x$	$-x$	$+2x$
مول تعادلی	$4-3x$	$3-x$	$2x$

در لحظهٔ تعادل، ۲ مول N_2 در ظرف بوده است، پس مقدار x برابر است با:

$$\text{مول تعادلی } N_2=۳-x=۲\Rightarrow x=۱$$

حال غلظت تعادلی هر یک از مواد شرکت‌کننده در واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$[H_2]=\frac{n(H_2)}{V}=\frac{۴-3x}{۵}\xrightarrow{x=۱}[H_2]=\frac{۱}{۵}\,mol.L^{-1}$$

$$[N_2]=\frac{n(N_2)}{V}=\frac{۳-x}{۵}\xrightarrow{x=۱}[N_2]=\frac{۲}{۵}\,mol.L^{-1}$$

$$[NH_3]=\frac{n(NH_3)}{V}=\frac{2x}{۵}\xrightarrow{x=۱}[NH_3]=\frac{۲}{۵}\,mol.L^{-1}$$

اکنون ثابت تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2]\times[H_2]^3}=\frac{(\frac{۲}{۵})^2}{(\frac{۲}{۵})\times(\frac{۱}{۵})^3}=۵۰$$

۲۴ ۳ ابتدا جدول تغییر مول را برای واکنش تعادلی روبه‌رو رسم می‌کنیم:

$$CO(g)+2H_2(g)\rightleftharpoons CH_3OH(g)$$

مول اولیه	۰/۴	۰/۹	۰
تغییرات مول	$-x$	$-2x$	$+x$
مول تعادلی	$۰/۴-x$	$۰/۹-2x$	x

با توجه به اینکه در لحظهٔ تعادل شمار مول‌های متانول برابر شمار مول‌های هیدروژن است داریم:

$$۰/۹-2x=x\Rightarrow 3x=۰/۹\Rightarrow x=۰/۳$$

حال غلظت تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده در تعادل را محاسبه کرده و ثابت تعادل واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases}[CO]=\frac{۰/۴-۰/۳}{۰/۶}=\frac{۱}{۶}\\ [H_2]=\frac{۰/۹-2(۰/۳)}{۰/۶}=\frac{۱}{2}\Rightarrow K=\frac{[CH_3OH]}{[CO][H_2]^2}=\frac{(\frac{۱}{2})}{(\frac{۱}{۶})(\frac{۱}{2})^2}=۱۲\\ [CH_3OH]=\frac{۰/۳}{۰/۶}=\frac{۱}{2}\end{cases}$$

۲۵ ۱

$$CO + H_2O \rightleftharpoons CO_2 + H_2$$

مول اولیه	۰/۵	۰/۵	۰	۰
تغییرات مول	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$۰/۵-x$	$۰/۵-x$	x	x

$$K=\frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]}\Rightarrow ۱۶=\frac{(\frac{x}{2})^2}{(\frac{۰/۵-x}{2})^2}\Rightarrow x=۰/۴$$

پس از برقراری تعادل، $[CO_2]$ برابر است با: $[CO_2]=\frac{x}{2}=\frac{۰/۴}{2}=۰/۲\ mol.L^{-1}$

در سامانهٔ تعادلی ۰/۴ مول H_2 و ۰/۴ مول CO_2 داریم و در مجموع شمار مول‌های فراورده برابر ۰/۸mol است.

فصل یازدهم: آزمون جامع ۲ - کنکور

۱ ۱ روش اول (تشریحی):

$$\bar{M}=\frac{M_1F_1+M_2F_2+M_3F_3}{F_1+F_2+F_3}=\frac{(۲۷/۹\times ۹۲)+(۲۹/۹\times ۵)+(۳۰\times ۳)}{۱۰۰}\Rightarrow \bar{M}=\frac{۲۵۶۶/۸+۱۴۹/۵+۹۰}{۱۰۰}=۲۸/۰۶۳amu$$

روش دوم (تستی):

$$\bar{M}=M_1+\frac{F_2}{۱۰۰}(M_2-M_1)+\frac{F_3}{۱۰۰}(M_3-M_1)=۲۷/۹+\frac{۵}{۱۰۰}(۲۹/۹-۲۷/۹)+\frac{۳}{۱۰۰}(۳۰-۲۷/۹)=۲۷/۹+\frac{۱}{۱۰}+\frac{۶۳}{۱۰۰۰}=۲۸/۰۶۳amu$$

۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل $C_5H_nO_2$ به‌صورت روبه‌رو است:

$$2C_5H_nO_2+(\frac{۱۶+n}{2})O_2\rightarrow ۱۰CO_2+n\,H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,O_2=۰/۳mol\,C_5H_nO_2\times\frac{(\frac{۱۶+n}{2})mol\,O_2}{2mol\,C_5H_nO_2}\times\frac{۳۲g\,O_2}{۱\,mol\,O_2}=۶۲/۴g\,O_2\Rightarrow\frac{۱۶+n}{2}=۱۳\Rightarrow ۱۶+n=۲۶\Rightarrow n=۱۰$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } C_5H_nO_2}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم } O_2}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۰/۳}{2}=\frac{۶۲/۴}{(\frac{۱۶+n}{2})\times ۳۲}\Rightarrow n=۱۰$$

۲ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌های داده شده به‌صورت مقابل است:

$$I)\ C_4H_9OH(g)+۶O_2(g)\rightarrow ۴CO_2(g)+۵H_2O(g)$$

$$II)\ ۴CH_3NO_2(g)+۳O_2(g)\rightarrow ۴CO_2(g)+۶H_2O(g)+2N_2(g)$$

هر دو واکنش از نوع سوختن هستند؛ شمار مول O_2 مصرفی به ازای تولید ۱/۲۵ مول بخار آب در واکنش (II) برابر است با:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,O_2=۱/۲۵mol\,H_2O\times\frac{۳mol\,O_2}{۶mol\,H_2O}=۰/۶۲۵mol\,O_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } O_2}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول } H_2O}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\ mol\,O_2}{۳}=\frac{۱/۲۵}{۶}\Rightarrow x=۰/۶۲۵mol\,O_2$$

بررسی گزینهٔ (۳): در واکنش (I) به ازای مصرف هر مول واکنش‌دهندهٔ کربن‌دار (C_4H_9OH)، ۴ مول CO_2 تشکیل می‌شود، در حالی که در واکنش (II) به ازای مصرف هر مول واکنش‌دهندهٔ کربن‌دار (CH_3NO_2)، یک مول CO_2 تشکیل می‌شود.

۴ ۳ غلظت مولی گلوکز $(C_6H_{12}O_6)$ در محلول از رابطهٔ مقابل به‌دست می‌آید:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{\text{شمار مول‌های گلوکز}}{\text{حجم محلول (L)}}$$

جرم محلول برابر با مجموع جرم حلال و حل‌شونده است:

$$\text{جرم محلول}=۱۴۳/۲۵+۶/۷۵=۱۵۰g\xrightarrow{d_{\text{محلول}}=۱g.mol^{-1}}\text{حجم محلول}=۱۵۰mL=۰/۱۵L$$

اکنون با استفاده از رابطهٔ غلظت مولی داریم:

$$\text{غلظت مولی}=\frac{(\frac{۶/۷۵}{۱۸۰})mol}{۰/۱۵L}=۰/۲۵\ mol.L^{-1}$$

۵ ۲ در محلول‌های رقیق، در صورتی که از جرم حل‌شونده در مقایسه با جرم حلال صرف‌نظر شود و همچنین از تغییر حجم محلول بر اثر انحلال صرف‌نظر شود و حجم حلال یکسان و حل‌شونده مشابه باشد، نسبت درصد جرمی دو محلول و نسبت غلظت مولی آن‌ها با یکدیگر برابر خواهد بود:

$$(C_M)\text{غلظت مولی}=\frac{\text{درصد جرمی}\times\text{چگالی}\times 10}{\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{C_{M_1}}{C_{M_2}}=\frac{\frac{10a_1d_1}{M_1}}{\frac{10a_2d_2}{M_2}}\xrightarrow{d_1=d_2\,,\,M_1=M_2}\frac{C_{M_1}}{C_{M_2}}=\frac{a_1}{a_2}$$

بررسی سایر گزینه‌ها: گزینهٔ (۱): تفاوت جرم محلول (۲) و جرم محلول (۱) برابر $0/5\,g$ $(1-0/5)$ است و جرم مولی حل‌شونده مشخص نیست؛ پس دربارهٔ درستی این گزاره نمی‌توان اظهارنظر کرد. گزینهٔ (۳): با نصف شدن حجم حلال، حجم محلول نصف‌شده و غلظت حل‌شونده در هر دو محلول (۱) و (۲) دو برابر می‌شود؛ به عبارت دیگر نسبت افزایش غلظت‌ها یکسان بوده اما چون مقدار اولیهٔ غلظت مولی محلول‌ها برابر نیست، مقدار افزایش غلظت محلول‌ها متفاوت خواهد بود. گزینهٔ (۴):

$$\text{درصد جرمی محلول (۱)}=\frac{\text{جرم حل‌شوندهٔ (۱)}}{\text{جرم محلول (۱)}}=\frac{0/5g}{25g}\times 100=\%2\,,\quad \text{درصد جرمی محلول نهایی}=\frac{\text{مجموع جرم حل‌شونده‌ها}}{\text{مجموع جرم محلول‌ها}}\times 100=\frac{0/5g+1g}{50\,g}\times 100=\%3$$

نسبت درصد جرمی محلول نهایی به محلول (۱) برابر $1/5$ $(\frac{3}{2})$ است.

۶ ۱ ابتدا باید مقدار انحلال‌پذیری Li_2SO_4 را در دماهای $0^\circ C$ و $100^\circ C$ محاسبه کنیم:

$$S_1=100\,g\ \text{آب}\times\frac{7g\ Li_2SO_4}{20g\ \text{آب}}=35g\ Li_2SO_4$$

$0^\circ C$: جرم آب = جرم محلول − جرم حل‌شونده $=27-7=20\,g$

$$S_2=100\,g\ \text{آب}\times\frac{8g\ Li_2SO_4}{40g\ \text{آب}}=20g\ Li_2SO_4$$

$100^\circ C$: جرم آب = جرم محلول − جرم حل‌شونده $=48-8=40\,g$

پس معادلهٔ انحلال‌پذیری این نمک برحسب دما به‌صورت مقابل است:

$$S-S_1=\frac{S_2-S_1}{\theta_2-\theta_1}(\theta-\theta_1)\Rightarrow S-35=\frac{20-35}{100-0}(\theta-0)\Rightarrow S=-0/15\theta+35$$

۷ ۳ با توجه به قطبی بودن NO نسبت به O_2 و N_2، از میان نمودارهای داده شده، نمودار شیب بیشتر مربوط به NO است. ابتدا از غلظت NO در فشار $\frac{a-b}{3}$، انحلال‌پذیری این گاز را در این فشار محاسبه می‌کنیم:

$$\text{انحلال‌پذیری NO در فشار }\frac{a-b}{2}=100\,g\ \text{محلول}\times\frac{3/33\times10^{-3}\,mol\ NO}{1000\,g\ \text{محلول}}\times\frac{30g\ NO}{1\,mol\ NO}=0/1\,g$$

به این ترتیب انحلال‌پذیری NO در این فشار برابر $0/1$ در 100 گرم آب است. با توجه به نمودار، انحلال‌پذیری NO در فشار $1/5\,atm$ برابر این عدد است، پس $a-b$ برابر است با:

$$\frac{a-b}{3}=1/5\Rightarrow a-b=4/5\,atm$$

۸ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

$$4S(s)+6NaOH(aq)\rightarrow 2Na_2S(aq)+Na_2S_2O_3(aq)+3H_2O(l)$$

* توجه برای موازنه با روش وارسی، موازنه را از عنصر H شروع کرده و ابتدا به H_2O ضریب یک بدهید و سپس به کمک آن، سایر ضرایب را به‌دست آورید.

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ S=300\,mL\ \text{محلول}\times\frac{1\,L\ \text{محلول}}{1000\,mL\ \text{محلول}}\times\frac{0/1\,mol\ NaOH}{1\,L\ \text{محلول}}\times\frac{4mol\ S}{6mol\ NaOH}\times\frac{32g\ S}{1\,mol\ S}=0/64g\ S$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{(300\times10^{-3})\times0/1}{6}=\frac{x}{4\times32}\Rightarrow x=0/64g\ S$$

۹ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$2HCl(aq)+NaClO(aq)\rightarrow NaCl(aq)+Cl_2(g)+H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mL\ HCl\ \text{محلول}=200\,mL\ NaClO\ \text{محلول}\times\frac{1g\ NaClO\ \text{محلول}}{1\,mL\ NaClO\ \text{محلول}}\times\frac{18625g\ NaClO}{10^6g\ NaClO\ \text{محلول}}\times\frac{1\,mol\ NaClO}{74/5g\ NaClO}$$

$$\times\frac{2mol\ HCl}{1\,mol\ NaClO}\times\frac{1\,L\ HCl\ \text{محلول}}{0/8mol\ HCl}\times\frac{10^3\,mL\ HCl\ \text{محلول}}{1\,L\ HCl\ \text{محلول}}=125\,mL\ HCl\ \text{محلول}$$

روش دوم (تناسب): جرم محلول NaClO برابر $200\,g$ $(200\,mL\times\frac{1g}{1\,mL})$ است؛ پس خواهیم داشت:

$$\frac{\text{غلظت ppm}\times\text{جرم محلول NaClO}}{10^6\times\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{غلظت}\times\text{لیتر محلول HCl}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{200\times18625}{1\times74/5\times10^6}=\frac{V\times0/8}{2}\Rightarrow V=0/125L=125mL$$

۱۰ ۴ با توجه به اطلاعات سؤال، مقدار گرمای تولیدشده از سوختن زغال‌سنگ و چربی با جرم معین را محاسبه می‌کنیم:

$$Q_{\text{زغال‌سنگ}}=m_{\text{زغال‌سنگ}}g\times\frac{۵۰}{۱۰۰}\times\frac{۳۰kJ}{۱g\ \text{زغال‌سنگ}}=۱۵m_{\text{زغال‌سنگ}}$$

$$Q_{\text{چربی}}=m_{\text{چربی}}g\times\frac{۸۰}{۱۰۰}\times\frac{۳۹kJ}{۱g\ \text{چربی}}=۳۱/۲m_{\text{چربی}}$$

حال با توجه به اینکه $Q_{\text{زغال‌سنگ}}=۲Q_{\text{چربی}}$، می‌توان نسبت جرم این دو ماده را محاسبه کرد:

$$Q_{\text{چربی}}=۲Q_{\text{زغال‌سنگ}}\Rightarrow ۳۱/۲m_{\text{چربی}}=۲\times۱۵m_{\text{زغال‌سنگ}}\Rightarrow\frac{m_{\text{زغال‌سنگ}}}{m_{\text{چربی}}}=۱/۰۴$$

۱۱ ۲ معادلهٔ موازنه‌شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$۲HNO_۳(aq)+۳H_۲S(g)\rightarrow ۳S(s)+۲NO(g)+۴H_۲O(l)$$

با توجه به اطلاعات سؤال، حجم گاز NO تولیدی برابر است با:

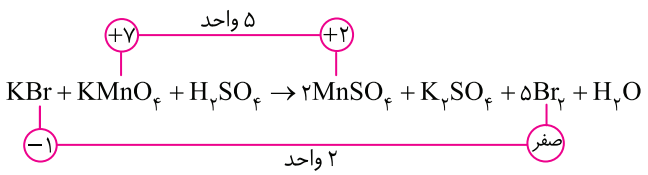
روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,NO=۱۰/۲g\,H_۲S\times\frac{۱mol\,H_۲S}{۳۴g\,H_۲S}\times\frac{۲mol\,NO}{۳mol\,H_۲S}\times\frac{۲۴L\,NO}{۱mol\,NO}\times\underbrace{\frac{۷۵}{۱۰۰}}_{\text{بازده}}=۳/۶L\,NO$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{H_۲S\ \text{جرم}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{NO گاز لیتر}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{۱۰/۲\times\frac{۷۵}{۱۰۰}}{۳\times۳۴}=\frac{V\,L\,NO}{۲\times۲۴}\Rightarrow V=۳/۶L\,NO$$

۱۲ ۲ برای موازنهٔ واکنش، ابتدا به کمک تغییر اعداد اکسایش Mn و Br، ضرایب $MnSO_۴$ و $Br_۲$ را محاسبه می‌کنیم:



سپس سایر ضرایب را به روش وارسی تعیین می‌کنیم:

$$۱۰KBr+۲KMnO_۴+۸H_۲SO_۴\rightarrow ۲MnSO_۴+۶K_۲SO_۴+۵Br_۲+۸H_۲O$$

قسمت اول: مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادله برابر ۴۱ است.

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل): ابتدا جرم KBr خالص مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,KBr=۱۶g\,Br_۲\times\frac{۱mol\,Br_۲}{۱۶۰g\,Br_۲}\times\frac{۱۰mol\,KBr}{۵molBr_۲}\times\frac{۱۱۹g\,KBr}{۱mol\,KBr}=۲۳/۸g\,KBr$$

سپس درصد خلوص KBr اولیه را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{درصد خلوص}=\frac{\text{خالص مادهٔ جرم}}{\text{ناخالص مادهٔ جرم}}\times۱۰۰=\frac{۲۳/۸}{۲۹/۷۵}\times۱۰۰=٪۸۰$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{ناخالص KBr جرم}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{Br_۲\ \text{جرم}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۲۹/۷۵\times\frac{P}{۱۰۰}}{۱۰\times۱۱۹}=\frac{۱۶}{۵\times۱۶۰}\Rightarrow P=٪۸۰$$

۱۳ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت روبه‌رو است:

$$۲N_۲O_۴(g)+N_۲H_۴(g)\rightarrow ۶NO(g)+۲H_۲O(g)$$

قسمت اول: روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,N_۲O_۴(\text{ناخالص})=۰/۱۵mol\,NO\times\frac{۲mol\,N_۲O_۴}{۶mol\,NO}\times\frac{۹۲g\,N_۲O_۴}{۱mol\,N_۲O_۴}\times\frac{۱۰۰g\,N_۲O_۴\ \text{ناخالص}}{۸۰g\,N_۲O_۴\ \text{خالص}}=۵/۷۵g\,N_۲O_۴\ \text{ناخالص}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{ناخالص }N_۲O_۴\text{ جرم}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{NO مول}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\,g\,N_۲O_۴\ \text{ناخالص}\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۲\times۹۲}=\frac{۰/۱۵}{۶}\Rightarrow x=۵/۷۵g\,N_۲O_۴\ \text{ناخالصی}$$

قسمت دوم: روش اول (کسر تبدیل): جرم $H_۲O$ تولیدی و $N_۲H_۴$ مصرفی برابر است با:

$$?\,g\,H_۲O=۰/۱۵mol\,NO\times\frac{۲mol\,H_۲O}{۶mol\,NO}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱mol\,H_۲O}=۰/۹g\,H_۲O$$

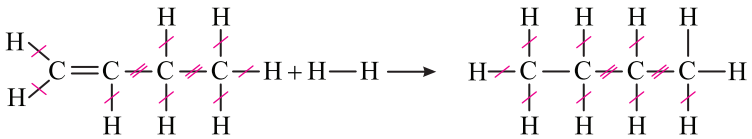
$$?\,g\,N_۲H_۴=۰/۱۵mol\,NO\times\frac{۱mol\,N_۲H_۴}{۶mol\,NO}\times\frac{۳۲g\,N_۲H_۴}{۱mol\,N_۲H_۴}=۰/۸g\,N_۲H_۴$$

تفاوت جرم $H_۲O$ تولیدی و $N_۲H_۴$ مصرفی برابر $۰/۱g$ $(۰/۸-۰/۹)$ است.

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{NO تولیدی مول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{}N_۲H_۴\text{ و }H_۲O\text{ جرم تفاوت}}{|(H_۲O\ \text{ضریب}\times H_۲O\ \text{مولی جرم})-(N_۲H_۴\ \text{ضریب}\times N_۲H_۴\ \text{مولی جرم})|}\Rightarrow\frac{۰/۱۵}{۶}=\frac{x\,g\ \text{جرم تفاوت}}{|(۲\times۱۸)-(۱\times۳۲)|}\Rightarrow x=۰/۱g\ (\text{جرم تفاوت})$$

۱۴ **۴** ابتدا آنتالپی واکنش هیدروژن‌دار شدن بوتن را محاسبه می‌کنیم:



$$\Delta H_{\text{واکنش}}=[\Delta H(C=C)+\Delta H(H-H)]-[\Delta H(C-C)+2\Delta H(C-H)]=[۶۱۵+۴۳۵]-[۳۵۰+۲(۴۱۶)]=-۱۳۲kJ$$

سپس جرم آبی که با مصرف ۰/۲ مول بوتن در واکنش بالا می‌توان به‌دست آورد را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=۰/۲mol\,C_۴H_۸\times\frac{۱۳۲kJ}{۱mol\,C_۴H_۸}=۲۶/۴kJ \qquad ?\,g\,\text{آب}=۲۶/۴kJ\times\frac{۱mol\,H_۲O}{۴۴kJ}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱mol\,H_۲O}=۱۰/۸g\,H_۲O$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } C_۴H_۸}{\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{۰/۲}{۱}=\frac{Q}{|-۱۲۳kJ|}\Rightarrow Q=۲۶/۴kJ$$

$$\frac{Q}{\Delta H_{\text{تبخیر}}}=\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۲۶/۴}{۴۴}=\frac{x\,g\,H_۲O}{۱\times۱۸}\Rightarrow x=۱۰/۸g\,H_۲O$$

۱۵ **۲** ارزش سوختی برابر با گرمای حاصل از سوختن یک گرم از ماده است. اگر ارزش سوختی متانول را برابر با $\alpha kJ.g^{-۱}$ در نظر بگیریم، ارزش سوختی متان برابر $۲/۵\alpha kJ.g^{-۱}$ است. بنابراین داریم:

$$۸g\,CH_۴\times\frac{۲/۵\alpha\,kJ}{۱g\,CH_۴}=xg\,CH_۳OH\times\frac{\alpha\,kJ}{۱g\,CH_۳OH}\Rightarrow x=۲۰g\,CH_۳OH$$

۱۶ **۲** معادلهٔ واکنش هدف:

$$۲NH_۳(g)+۳N_۲O(g)\rightarrow۴N_۲(g)+۳H_۲O(l)$$

$NH_۳$ باید ضریب ۲ داشته باشد و در واکنش‌دهنده‌ها باشد؛ پس واکنش اول را در $\frac{۱}{۲}$ ضرب می‌کنیم:

$$۲NH_۳(g)+\frac{۳}{۲}O_۲(g)\rightarrow N_۲(g)+۳H_۲O(l),\ \Delta H=-۷۶۵kJ$$

$N_۲O$ باید ضریب ۳ داشته باشد و در واکنش‌دهنده‌ها باشد؛ پس واکنش دوم را در ۳ ضرب می‌کنیم:

$$۳N_۲O(g)+۳H_۲(g)\rightarrow۳N_۲(g)+۳H_۲O(l),\ \Delta H=-۱۱۲۸kJ$$

در واکنش هدف $O_۲$ نداریم، پس در واکنش‌ها، این ماده باید ساده شود. در واکنش اول با ضریب $\frac{۳}{۲}$ این ماده را داریم؛ پس واکنش سوم را معکوس کرده و در $\frac{۳}{۲}$ ضرب می‌کنیم:

$$۳H_۲O(l)\rightarrow۳H_۲(g)+\frac{۳}{۲}O_۲(g),\ \Delta H=+۸۵۸kJ$$

از جمع جبری این سه واکنش، آنتالپی واکنش هدف را به‌دست می‌آوریم:

$$\Delta H_{\text{هدف}}=(-۷۶۵)+(-۱۱۲۸)+۸۵۸=-۱۰۳۵kJ$$

۱۷ **۳** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$۲NO_۲(g)+۷H_۲(g)\rightarrow۲NH_۳(g)+۴H_۲O(l)$$

ابتدا از مقدار مول واکنش‌دهنده‌ها، مقدار مول $NH_۳$ تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,NH_۳=۵/۴mol\,\text{واکنش‌دهنده}\times\frac{۲mol\,NH_۳}{۹mol\,\text{واکنش‌دهنده}}=۱/۲mol\,NH_۳$$

سپس مدت زمان لازم برای رسیدن غلظت $NH_۳$ به عدد ۳/۶ مول بر لیتر را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,min=۲L\,\text{ظرف}\times\frac{۳/۶mol\,NH_۳}{۱L\,\text{ظرف}}\times\frac{۲۰s}{۱/۲mol\,NH_۳}\times\frac{۱min}{۶۰s}=۲\,min$$

۱۸ **۱** سرعت مصرف $N_۲O_۵$ در بازهٔ زمانی ۱۰ تا ۳۰ ثانیه برابر است با: $\bar{R}_{(N_۲O_۵)}=\frac{\bar{R}_{(NO_۲)}}{۴}\Rightarrow\bar{R}_{(N_۲O_۵)}=\frac{\bar{R}_{(NO_۲)}}{۲}=\frac{۵/۴}{۴}=۲/۷mol.L^{-۱}\,min^{-۱}$

پس تغییرات مول $N_۲O_۵$ در این بازهٔ زمانی برابر است با:

$$\bar{R}_{N_۲O_۵}=\frac{-\Delta n}{V.\Delta t}\Rightarrow۲/۷=\frac{-\Delta n}{۲\times\frac{۲۰}{۶۰}}\Rightarrow-\Delta n=۱/۸\,mol\Rightarrow n_۱-n_۳=۱/۸mol$$

پس مقدار $n_۱$ و $n_۳$ به‌ترتیب می‌تواند برابر ۲/۲ و ۰/۴ مول باشد. **بررسی سایر گزینه‌ها:** گزینهٔ (۲): سرعت واکنش در گسترهٔ زمانی ۱۰ تا ۲۰ ثانیه برابر است با:

$$\bar{R}_{\text{واکنش}}=\frac{\bar{R}_{(N_۲O_۵)}}{۲}=\frac{\frac{-\Delta n_{(N_۲O_۵)}}{V\times\Delta t}}{۲}=\frac{\frac{۱/۲}{۲\times۱۰}}{۲}=۳\times۱۰^{-۲}\,mol.L^{-۱}.s^{-۱}$$

گزینهٔ (۳): اگر $n_{N_2O_5}=1$، از آغاز تا ثانیهٔ ۲۰، ۳ مول N_2O_5 مصرف شده است، پس شمار مول‌های فراورده‌های تولیدی برابر است با:

$$?\,mol\ \text{فراورده}=3mol\ N_2O_5\times\frac{5mol\ \text{فراورده}}{2mol\ N_2O_5}=7/5mol\ \text{فراورده}$$

در نتیجه غلظت فراورده‌ها برابر است با:

$$\text{غلظت فراورده‌ها}=\frac{n(mol)}{V(L)}=\frac{7/5}{2}=3/75mol.L^{-1}$$

گزینهٔ (۴): با مصرف ۴ مول N_2O_5، واکنش کامل شده و شمار مول فراورده‌های تولیدی برابر است با:

$$?\,mol\ \text{فراورده}=4mol\ N_2O_5\times\frac{5mol\ \text{فراورده}}{2mol\ N_2O_5}=10mol\ \text{فراورده}$$

پس نسبت خواسته‌شده برابر است با:

$$\frac{\text{شمار مول‌های فراورده}}{\text{شمار مول‌های آغازی } N_2O_5}=\frac{10}{4}=2/5$$

۱۹ ۳ با توجه به اطلاعات مسئله، فرمول پلی‌استیرن و پلی‌سیانو اتن به‌صورت زیر است:

پلی‌سیانو اتن $\Rightarrow$ $-\!\left(CH_2-\underset{\underset{C\equiv N}{|}}{CH}\right)_n-$

پلی‌استیرن $\Rightarrow$ $-\!\left(CH_2-\underset{\underset{C_6H_5}{|}}{CH}\right)_{3000}-$

بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\text{شمار پیوندهای دوگانه در پلی‌استیرن}}{\text{شمار پیوندهای سه‌گانه در پلی‌سیانو اتن}}=\frac{3\times3000}{1\times n}=7/5\Rightarrow n=1200$$

پس فرمول پلی‌سیانو اتن به‌صورت $-\!\left(CH_2-\underset{\underset{CN}{|}}{CH}\right)_{1200}-$ بوده و جرم مولی آن برابر است با:

$$\text{جرم مولی پلی‌سیانو اتن}=1200\times[(3\times12)+(3\times1)+(1\times14)]=6/36\times10^{4}\,g.mol^{-1}$$

۲۰ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش انجام شده به‌صورت مقابل است: $2RCOONa(aq)+MgCl_2(aq)\rightarrow(RCOO)_2Mg(s)+2NaCl(aq)$

قسمت اول: با توجه به اینکه صابون دارای زنجیر هیدروکربنی سیرشده است، فرمول مولکولی آن به‌صورت $C_nH_{2n+1}COONa$ بوده و فرمول رسوب حاصل از آن به‌صورت $(C_nH_{2n+1}COO)_2Mg$ است. اکنون با توجه به اطلاعات داده‌شده، n را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\ \text{رسوب}=0/06mol\ \text{صابون}\times\frac{1mol\ \text{رسوب}}{2mol\ \text{صابون}}\times\frac{Mg\ \text{رسوب}}{1mol\ \text{رسوب}}=17/7\Rightarrow M=590g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول صابون}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم رسوب}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/06}{2}=\frac{17/7}{1\times M}\Rightarrow M=590\,g.mol^{-1}$$

پس n برابر است با:

$$(C_nH_{2n+1}COO)_2Mg=590\Rightarrow2(14n+1+12+32)+24=590\Rightarrow2(14n+45)=566\Rightarrow14n+45=283\Rightarrow n=17$$

پس فرمول این صابون به‌صورت $C_{17}H_{35}COONa$ بوده و شمار اتم‌های کربن در مولکول آن برابر ۱۸ است.

قسمت دوم: یون‌های Na^+ و Cl^- به حالت محلول باقی مانده‌اند که شمار مول آن‌ها برابر است با:

$$?\,mol\ ion=0/06mol\ \text{صابون}\times\frac{2mol\ NaCl}{2mol\ \text{صابون}}\times\frac{2mol\ ion}{1mol\ NaCl}=0/12mol\ ion$$

۲۱ ۱ با توجه به اینکه محلول نهایی اسیدی است، پس نتیجه می‌گیریم که HCl به‌طور کامل مصرف نشده؛ در حالی که فلز Ca به‌طور کامل واکنش داده است، پس محاسبات استوکیومتری بر مبنای مقدار فلز Ca انجام می‌شود.

قسمت اول: ابتدا با توجه به مقدار pH، غلظت یون H^+ باقی‌مانده در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$pH=1/7\Rightarrow[H^+]=10^{-pH}=10^{-1/7}=10^{-2+0/3}=10^{-2}\times10^{0/3}=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

اکنون با توجه به جرم Ca مصرفی، مقدار HCl مصرفی را محاسبه می‌کنیم: $Ca(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+H_2(g)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\ HCl_{\text{مصرفی}}=1/2g\ Ca\times\frac{1mol\ Ca}{40g\ Ca}\times\frac{2mol\ HCl}{1mol\ Ca}=0/06mol\ HCl$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول HCl مصرفی}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم Ca}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{x\ mol\ HCl}{2}=\frac{1/2}{1\times40}\Rightarrow x=0/06mol\ HCl$$

پس غلظت HCl مصرفی برابر است با:

$$\text{غلظت HCl}_{\text{مصرفی}}=\frac{n(mol)}{V(L)}=\frac{0/06}{2}=0/03mol.L^{-1}$$

پس غلظت اولیهٔ HCl شرکت‌کننده در واکنش برابر با $۰/۰۵mol.L^{-۱}$ $(۰/۰۲+۰/۰۳)$ بوده است؛ دقت کنید که Cl^- در این واکنش یون ناظر است، یعنی در واکنش تولید یا مصرف نمی‌شود، پس غلظت آن ثابت بوده و برابر با غلظت اولیهٔ HCl، یعنی همان $۰/۰۵mol.L^{-۱}$ است.

قسمت دوم: با توجه به جرم Ca مصرفی، جرم $H_۲$ تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (تبدیل):

$$?\,g\,H_۲=۱/۲g\,Ca\times\frac{۱\,mol\,Ca}{۴۰g\,Ca}\times\frac{۱\,mol\,H_۲}{۱\,mol\,Ca}\times\frac{۲g\,H_۲}{۱\,mol\,H_۲}=۰/۰۶g\,H_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } Ca}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم } H_۲}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{۱/۲}{۱\times۴۰}=\frac{x}{۲}\Rightarrow\frac{x}{۱/۲}\Rightarrow x=۰/۰۶g\,H_۲$$

۲۲ **۲** مقدار آلایندهٔ CO پیش از استفاده از کاتالیزگر برابر با ۵/۹۹ گرم و پس از استفاده از آن برابر با ۰/۶۱ گرم است، پس ۵/۳۸ گرم از آلاینده‌ها به وسیلهٔ کاتالیزگر حذف شده‌اند؛ بنابراین می‌توان نوشت:

$$\text{درصد حذف } CO=\frac{۵/۳۸}{۵/۹۹}\times۱۰۰\simeq۸۹/۸$$

برای بخش دوم، بدون محاسبه نیز می‌توان گفت با توجه به اینکه مقدار کربن مونوکسید تقریبا ۳/۵ برابر هیدروکربن نسوخته و جرم مولی آن نیز تقریباً ۰/۲۵ برابر آن است، پس قطعاً بیشترین کاهش مول مربوط به کربن مونوکسید است، اما برای اطمینان بیشتر می‌توان نوشت:

$$?\,mol\,CO=\frac{۵/۹۹-۰/۶۱}{۲۸}\simeq۰/۲,\quad ?\,mol\,C_۸H_{۱۸}=\frac{۱/۶۷-۰/۰۷}{۱۱۴}\simeq۰/۰۱۴,\quad ?\,mol\,NO=\frac{۱/۰۴-۰/۰۴}{۳۰}\simeq۰/۰۳۴$$

۲۳ **۱** ابتدا مول تعادلی $CH_۴$ را محاسبه کرده و سپس جدول تغییرات مول را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,CH_۴\ \text{تعادلی}=۸g\,CH_۴\times\frac{۱\,mol\,CH_۴}{۱۶g\,CH_۴}=۰/۵mol\,CH_۴$$

با توجه به مقدار تعادلی متان، مقدار x را محاسبه می‌کنیم: $۰/۵۵-x=۰/۵\Rightarrow x=۰/۰۵$

$$CH_۴+۲H_۲S\rightleftharpoons CS_۲+۴H_۲$$

مول اولیه	۰/۵۵	۰/۲	۰	۰
تغییرات مول	$-x$	$-۲x$	$+x$	$+۴x$
مول تعادلی	$۰/۵۵-x$	$۰/۲-۲x$	x	$۴x$

در ادامه، غلظت تعادلی گونه‌ها را محاسبه کرده و ثابت تعادل واکنش را به‌دست می‌آوریم.

$$\begin{cases}[CS_۲]=\frac{x}{۰/۵}=\frac{۰/۰۵}{۰/۵}=۰/۱\,mol.L^{-۱}\\ [H_۲]=\frac{۴x}{۰/۵}=\frac{۴(۰/۰۵)}{۰/۵}=۰/۴mol.L^{-۱}\\ [CH_۴]=\frac{۰/۵۵-x}{۰/۵}=\frac{۰/۵۵-۰/۰۵}{۰/۵}=۱\,mol.L^{-۱}\\ [H_۲S]=\frac{۰/۲-۲x}{۰/۵}=\frac{۰/۲-۲(۰/۰۵)}{۰/۵}=۰/۲mol.L^{-۱}\end{cases}\Rightarrow K=\frac{[CS_۲][H_۲]^۴}{[CH_۴][H_۲S]^۲}=\frac{(۰/۱)(۰/۴)^۴}{(۱)(۰/۲)^۲}=۶/۴\times۱۰^{-۲}$$

۲۴ **۴** با توجه به شکل، در یکی از ظرف‌ها $۰/۲mol$ $(۸\times۰/۰۲۵)$ CO و در ظرف دیگر $۰/۲mol$ $(۸\times۰/۰۲۵)$ $H_۲O$ وجود دارد:

$$CO(g)+H_۲(g)\rightleftharpoons CO_۲(g)+H_۲(g)\ ,K=۹$$

مول آغازی	۰/۲	۰/۲	۰	۰
تغییرات	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
مول تعادلی	$۰/۲-x$	$۰/۲-x$	x	x

$$K=\frac{[CO_۲][H_۲]}{[CO][H_۲O]}\Rightarrow۹=\frac{x^۲}{(۰/۲-x)^۲}\xrightarrow{\text{جذر}}۳=\frac{x}{۰/۲-x}\Rightarrow x=۰/۱۵$$

بنابراین مقدار مول $H_۲$ در لحظهٔ تعادل برابر $۰/۱۵\,mol$ است.

۲۵ **۳** با باز کردن شیر (I)، میان گونه‌های شرکت‌کننده تعادل برقرار می‌شود؛ با توجه به مقدار اولیهٔ گازها و مقدار K می‌توان شمار مول گونه‌های در تعادل را محاسبه کرد:

$$K=\frac{[COF_۲]^۲}{[CF_۴][CO_۲]}$$

$$CF_۴+CO_۲\rightleftharpoons۲COF_۲$$

مول اولیه	۱	۱	۰
تغییر مول	$-x$	$-x$	$+۲x$
مول تعادلی	$۱-x$	$۱-x$	$۲x$

از آن‌جا که شمار مول‌های گازی در دو طرف معادلهٔ واکنش برابر است، حجم ظرف از صورت و مخرج رابطهٔ K حذف می‌شود، پس در رابطهٔ K همان مول‌های تعادلی را قرار می‌دهیم:

$$\Rightarrow ۲/۵\times۱۰^{-۱}=\frac{(۲x)^۲}{(۱-x)^۲}\Rightarrow ۰/۵=\frac{۲x}{۱-x}\Rightarrow x=۰/۲\,mol$$

با باز کردن شیر (II)، غلظت $COF_۲$ افزایش یافته و طبق اصل لوشاتلیه، واکنش در جهت برگشت جابه‌جا شده تا به تعادل جدید برسد:

$$CF_۴+CO_۲\rightleftharpoons ۲COF_۲$$

تعادل اولیه	۰/۸	۰/۸	۰/۴+۰/۲
جابه‌جایی تعادل	+x	+x	−۲x
تعادل جدید	۰/۸+x	۰/۸+x	۰/۶−۲x

با توجه به این‌که دما ثابت است، مقدار K نیز در تعادل جدید برابر با تعادل اولیه است:

$$K=۲/۵\times۱۰^{-۱}=\frac{(۰/۶-۲x)^۲}{(۰/۸+x)^۲}\Rightarrow ۰/۵=\frac{۰/۶-۲x}{۰/۸+x}\Rightarrow x=۰/۰۸\,mol$$

پس نسبت خواسته‌شده برابر است با:

$$\frac{\text{مجموع شمار مول } CF_۴ \text{ و } CO_۲}{\text{شمار مول‌های } COF_۲}=\frac{۰/۸۸+۰/۸۸}{۰/۴۴}=۴$$

فصل یازدهم: آزمون جامع ۳

۱ ۳ عدد اتمی هالوژن دورهٔ سوم جدول دوره‌ای برابر ۱۷ است، پس عدد جرمی ایزوتوپ ^{A}X و ^{A+۲}X به‌ترتیب برابر ۳۵ و ۳۷ می‌باشد.

$$^{A}X^{-}: Z=۱۷,\quad e=۱۷+۱=۱۸,\quad n=e=۱۸\Rightarrow A=Z+n=۱۷+۱۸=۳۵$$

حال تعداد ایزوتوپ‌های سبک‌تر که در شکل باید با رنگ سفید نمایش داده شود را محاسبه می‌کنیم:

روش اول:

$$\text{جرم اتمی میانگین}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{F_۱+F_۲}\Rightarrow ۳۵/۴=\frac{۳۵F_۱+۳۷F_۲}{F_۱+F_۲}\xrightarrow{F_۲=۲۵-F_۱}۳۵/۴=\frac{۳۵F_۱+۳۷(۲۵-F_۱)}{۲۵}\Rightarrow F_۱=۲۰$$

روش دوم (تستی):

$$\text{جرم اتمی میانگین}=M_۱+\frac{F_۲}{۲۵}(M_۲-M_۱)\Rightarrow ۳۵/۴=۳۵+\frac{F_۲}{۲۵}(۳۷-۳۵)\Rightarrow ۰/۴=\frac{۲F_۲}{۲۵}\Rightarrow F_۲=۵, F_۱=۲۰$$

شمار دایره‌هایی که باید در شکل به رنگ سفید باشند برابر ۲۰ عدد است.

۲ ۱ فرمول شیمیایی مالتوز و نفتالن به ترتیب به‌صورت $C_{۱۲}H_{۲۲}O_{۱۱}$ و $C_{۱۰}H_۸$ است.

$$?\,atom(\text{مالتوز})=۶/۸۴g\,\text{مالتوز}\times\frac{۱\,mol\,\text{مالتوز}}{۳۴۲g\,\text{مالتوز}}\times\frac{N_A\,molecule}{۱\,mol\,\text{مالتوز}}\times\frac{۴۵atom}{۱\,molecule}=۰/۹N_A\,atom$$

$$?\,g\,\text{نفتالن}=۰/۹N_A\,atom\times\frac{۱\,molecule}{۱۸atom}\times\frac{۱\,mol\ \text{نفتالن}}{N_A\,molecule}\times\frac{۱۲۸g\ \text{نفتالن}}{۱\,mol\ \text{نفتالن}}=۶/۴g\ \text{نفتالن}$$

۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$Na_۲O(s)+۲CO_۲(g)+H_۲O(g)\rightarrow ۲NaHCO_۳(s)$$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، افزایش جرم مواد جامد به دلیل واکنش بخار آب و کربن دی‌اکسید با $Na_۲O$ است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که طی واکنش، افزایش جرم مواد جامد معادل مجموع جرم $CO_۲$ و $H_۲O$ جذب شده است.

روش اول (کسر تبدیل):

$$\left.\begin{aligned}?\,g\,CO_۲&=۱/۶mol\,CO_۲\times\frac{۴۴g\,CO_۲}{۱\,mol\,CO_۲}=۷۰/۴g\,CO_۲\\ ?\,g\,H_۲O&=۱/۶mol\,CO_۲\times\frac{۱\,mol\,H_۲O}{۲mol\,CO_۲}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱\,mol\,H_۲O}=۱۴/۴g\,H_۲O\end{aligned}\right\}\Rightarrow\text{افزایش جرم مواد جامد}=۷۰/۴+۱۴/۴=۸۴/۸g$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } CO_۲}{\text{ضریب}}=\frac{\text{افزایش جرم مواد جامد}}{(\text{جرم مولی کربن دی‌اکسید}\times\text{ضریب})+(\text{جرم مولی آب}\times\text{ضریب})}\Rightarrow\frac{۱/۶}{۲}=\frac{x}{(۱\times۱۸)+(۲\times۴۴)}\Rightarrow x=۸۴/۸g$$

۳ ۴

محاسبهٔ ارتفاع لایهٔ تروپوسفر:

$$\text{تروپوسفر}\begin{cases}\theta_۱=۲۸۷-۲۷۳=۱۴^\circ C\\ \theta_۲=-۵۵^\circ C\end{cases}\Rightarrow\Delta\theta=-۶\Delta h\Rightarrow(-۵۵-(۱۴))=-۶\Delta h\Rightarrow\Delta h(\text{تروپوسفر})=۱۱/۵km$$

محاسبهٔ ارتفاع استراتوسفر:

$$\text{استراتوسفر}\begin{cases}\theta_۱=-۵۵^\circ C\\ \theta_۲=۲۸۰-۲۷۳=۷^\circ C\end{cases}\Rightarrow\Delta\theta=۵\Delta h\Rightarrow(۷-(-۵۵))=۵\Delta h\Rightarrow\Delta h(\text{استراتوسفر})=۱۲/۴km$$

بنابراین انتهای لایهٔ استراتوسفر در فاصلهٔ حدوداً ۲۴ کیلومتری از سطح زمین قرار دارد. $\text{فاصلهٔ انتهای لایهٔ استراتوسفر}=۱۱/۵+۱۲/۴=۲۳/۹k\simeq۲۴km$

۲ ۵ توجه داشته باشید که افزایش ۳۰۰٪ دما بر حسب درجهٔ سلسیوس به معنی چهار برابر شدن دما $(\theta_۲=۴\theta_۱)$ است. با توجه به این نکته، ابتدا دمای اولیهٔ گاز را محاسبه می‌کنیم:

$$\theta_۲=۴\theta_۱\Rightarrow\begin{cases}T_۱=\theta_۱+۲۷۳\\ T_۲=۴\theta_۱+۲۷۳\end{cases},\quad\frac{P_۱V_۱}{n_۱T_۱}=\frac{P_۲V_۲}{n_۲T_۲}\xrightarrow{\substack{P_۱=P_۲\\ n_۱=n_۲}}\frac{V_۱}{T_۱}=\frac{V_۲}{T_۲}\Rightarrow\frac{۳}{\theta_۱+۲۷۳}=\frac{۵}{۴\theta_۱+۲۷۳}\Rightarrow\theta_۱=۷۸^\circ C$$

سپس دمای ثانویهٔ گاز را برحسب کلوین به‌دست می‌آوریم:

$$T_۲=۴\theta_۱+۲۷۳=۴(۷۸)+۲۷۳=۵۸۵K$$

۶ ۴ ابتدا حجم هر محلول و مقدار مول یون کلرید موجود در هر محلول را محاسبه می‌کنیم: محلول ظرف A: حجم محلول ظرف A = ۰/۱L

$$\text{مقدار مول } Cl^- \text{ (در ظرف A)} = ۰/۱\,L \text{ محلول} \times \frac{۱۰^۳\,mL \text{ محلول}}{۱\,L \text{ محلول}} \times \frac{۱/۲\,g \text{ محلول}}{۱\,mL \text{ محلول}} \times \frac{۲/۹۲۵\,g\,NaCl}{۱۰۰\,g \text{ محلول}} \times \frac{۱\,mol\,NaCl}{۵۸/۵\,g\,NaCl} \times \frac{۱\,mol\,Cl^-}{۱\,mol\,NaCl} = ۰/۰۶\,mol\,Cl^-$$

محلول ظرف B: حجم محلول ظرف B = ۵۵۰g محلول $\times \frac{۱\,mL \text{ محلول}}{۱/۱\,g \text{ محلول}} \times \frac{۱\,L \text{ محلول}}{۱۰^۳\,mL \text{ محلول}} = ۰/۵\,L$ محلول

$$\text{مقدار مول } Cl^- \text{ (در ظرف B)} = ۵۷g MgCl_۲ \times \frac{۱\,mol\,MgCl_۲}{۹۵\,g\,MgCl_۲} \times \frac{۲\,mol\,Cl^-}{۱\,mol\,MgCl_۲} = ۱/۲\,mol\,Cl^-$$

سپس غلظت مولی یون کلرید موجود در محلول حاصل از اختلاط محلول‌های A و B را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{غلظت مولی } Cl^- \text{ در محلول نهایی} = \frac{\text{مجموع مول } Cl^-}{\text{حجم محلول نهایی}} = \frac{(۰/۰۶+۱/۲)\,mol}{(۰/۱+۰/۵)\,L} = ۲/۱\,mol.L^{-۱}$$

۷ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$۳CaA_۲(aq)+۲Na_۳PO_۴(aq) \rightarrow Ca_۳(PO_۴)_۲(s)+۶NaA(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل): جرم مولی آنیون A را M گرم بر مول در نظر می‌گیریم و مقدار آن را محاسبه می‌کنیم:

$$۴/۹۲g\,CaA_۲ \text{ (ناخالص)} \times \frac{۸۰g\,CaA_۲ \text{ (خالص)}}{۱۰۰g\,CaA_۲ \text{ (ناخالص)}} \times \frac{۱\,mol\,CaA_۲}{(۴۰+۲M)g\,CaA_۲} \times \frac{۲\,mol\,Na_۳PO_۴}{۳\,mol\,CaA_۲} \times \frac{۱۰۰۰mL\,Na_۳PO_۴ \text{ محلول}}{۰/۵mol\,Na_۳PO_۴}$$

$$= ۳۲mL\,Na_۳PO_۴ \text{ محلول} \Rightarrow ۴۰+۲M=۱۶۴ \Rightarrow M=۶۲g.mol^{-۱}$$

جرم مولی آنیون A برابر ۶۲ گرم بر مول است، پس آنیون A همان یون نیترات با فرمول $NO_۳^-$ است.

$$?\,g\,Ca_۳(PO_۴)_۲ = ۳۲\times۱۰^{-۳}\,L\,Na_۳PO_۴ \text{ محلول} \times \frac{۰/۵mol\,Na_۳PO_۴}{۱\,L\,Na_۳PO_۴ \text{ محلول}} \times \frac{۱\,mol\,Ca_۳(PO_۴)_۲}{۲\,mol\,Na_۳PO_۴} \times \frac{۳۱۰g\,Ca_۳(PO_۴)_۲}{۱\,mol\,Ca_۳(PO_۴)_۲} = ۲/۴۸g\,Ca_۳(PO_۴)_۲$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CaA_۲ \text{ ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{غلظت} \times \text{لیتر محلول } Na_۳PO_۴}{\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم } Ca_۳(PO_۴)_۲}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۴/۹۲\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۳\times(۴۰+۲M)} = \frac{۳۲\times۱۰^{-۳}\times۰/۵}{۲} = \frac{x}{۱\times۳۱۰}$$

$$\Rightarrow M=۶۲g.mol^{-۱} \text{ (یون نیترات)}\,,\ x=۲/۴۸g\,Ca_۳(PO_۴)_۲$$

۸ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

$$I)\ C_۶H_{۱۲}O_۶(aq) \rightarrow ۲C_۲H_۵OH(aq)+۲CO_۲(g) \qquad II)\ CaO(s)+CO_۲(g) \rightarrow CaCO_۳(s)$$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول:

$$?\,g\,CaO \text{ (ناخالص)} = ۶۳g\,C_۶H_{۱۲}O_۶ \times \frac{۱\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶}{۱۸۰g\,C_۶H_{۱۲}O_۶} \times \frac{۲\,mol\,CO_۲}{۱\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶} \times \underbrace{\frac{۶۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش (I)}} \times \frac{۱\,mol\,CaO}{۱\,mol\,CO_۲} \times \frac{۵۶g\,CaO \text{ (خالص)}}{۱\,mol\,CaO} \times \frac{۱۰۰g\,CaO \text{ (ناخالص)}}{۴۲g\,CaO \text{ (خالص)}}$$

$$= ۵۶g\,CaO \text{ (ناخالص)}$$

قسمت دوم:

$$?\,g\,CaCO_۳ = ۵۶g\,CaO \text{ ناخالص} \times \frac{۴۲g\,CaO \text{ خالص}}{۱۰۰g\,CaO \text{ ناخالص}} \times \frac{۱\,mol\,CaO}{۵۶g\,CaO} \times \frac{۱\,mol\,CaCO_۳}{۱\,mol\,CaO} \times \underbrace{\frac{۱۰۰g}{۱\,mol\,CaCO_۳} \times \frac{۴۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش (II)}} = ۱۶/۸g\,CaCO_۳$$

روش دوم (تناسب): قسمت اول: برای حل این مسئله به روش تناسب ابتدا با دو برابر کردن ضرایب استوکیومتری واکنش (II)، ضریب مادهٔ مشترک یعنی $CO_۲$ را یکسان می‌کنیم:

$$۱\,mol\,C_۶H_{۱۲}O_۶ \sim ۲mol\,CaO \sim ۲mol\,CaCO_۳$$

$$\frac{\text{جرم گلوکز مصرفی} \times \frac{R_I}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم کلسیم اکسید ناخالص تولیدی} \times \frac{P}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۶۳\times\frac{۶۰}{۱۰۰}}{۱\times۱۸۰} = \frac{x\times\frac{۴۲}{۱۰۰}}{۲\times۵۶} \Rightarrow x=۵۶g\,CaO \text{ (ناخالص)}$$

قسمت دوم:

$$\frac{\text{جرم کلسیم اکسید ناخالص} \times \frac{P}{۱۰۰} \times \frac{R_{II}}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{جرم کلسیم کربنات}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} \Rightarrow \frac{۵۶\times\frac{۴۲}{۱۰۰}\times\frac{۴۰}{۱۰۰}}{۲\times۵۶} = \frac{y}{۲\times۱۰۰} \Rightarrow y=۱۶/۸g\,CaCO_۳$$

۹ ۳ ابتدا مقدار مول H و C را محاسبه کرده و سپس نسبت مقدار مول H به C را محاسبه می‌کنیم. (نسبت مقدار مول H به C معادل نسبت تعداد اتم‌های H به C در هیدروکربن است.)

$$\left.\begin{aligned} \text{مقدار مول } H &= ۲۲/۵g\,H_۲O \times \frac{۱\,mol\,H_۲O}{۱۸g\,H_۲O} \times \frac{۲mol\,H}{۱\,mol\,H_۲O} = ۲/۵mol\,H \\ \text{مقدار مول } C &= ۴۴/۸L\,CO_۲ \times \frac{۱\,mol\,CO_۲}{۲۲/۴L\,CO_۲} \times \frac{۱\,mol\,C}{۱\,mol\,CO_۲} = ۲mol\,C \end{aligned}\right\} \Rightarrow \frac{H}{C} = \frac{۲/۵}{۲} = ۱/۲۵$$

در میان گزینه‌ها، نسبت تعداد اتم‌های H به C فقط در ترکیب $C_۸H_{۱۰}$ برابر ۱/۲۵ است.

۱۰ ۱ ابتدا گرمای حاصل از سوختن ۱۵ گرم پروپانول (C_3H_7OH) را محاسبه می‌کنیم:

$$?J=15g\,C_3H_7OH\times\frac{1mol\,C_3H_7OH}{60g\,C_3H_7OH}\times\frac{2058kJ}{1mol\,C_3H_7OH}\times\frac{10^3J}{1kJ}=1715\times10^3J$$

سپس به کمک رابطهٔ زیر، جرم آب موجود در گرماسنج را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta\theta=80-30=50^\circ C$$

$$Q_{کل}=Q_{گرماسنج}+Q_{آب}=[C_{گرماسنج}\times\Delta\theta]+[m_{آب}\times c_{آب}\times\Delta\theta]=[C_{گرماسنج}+m_{آب}\times c_{آب}]\Delta\theta$$

$$\Rightarrow1715\times10^3=[2/8\times10^3+m_{آب}\times4/2]\times50\Rightarrow m_{آب}=200g$$

۱۱ ۲ ابتدا به کمک واکنش‌های کمکی، آنتالپی واکنش $N_2(g)+O_2(g)\rightarrow2NO(g)$ را محاسبه می‌کنیم. به این منظور، واکنش (۱) و (۲) را در $\frac{1}{2}$ ضرب و واکنش (۳) را به همان صورت می‌نویسیم.

۱) $N_2O_5(g)\rightarrow2NO_2(g)+\frac{1}{2}O_2(g)$ $\quad\Delta H'_1=\frac{1}{2}(110)=55kJ$

۲) $N_2(g)+2/5O_2(g)\rightarrow N_2O_5(g)$ $\quad\Delta H'_2=\frac{1}{2}(22)=11kJ$

۳) $2NO_2(g)\rightarrow2NO(g)+O_2(g)$ $\quad\Delta H_3=114kJ$

واکنش هدف: $N_2(g)+O_2(g)\rightarrow2NO(g)$ $\quad\Delta H_{هدف}=55+11+114=180kJ$

سپس گرمای حاصل از تولید ۶/۳ گرم NO از N_2 و O_2 را به‌دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?kJ=6/3g\,NO\times\frac{1mol\,NO}{30g\,NO}\times\frac{180kJ}{2mol\,NO}=18/9kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم NO}}{\text{ضریب×جرم مولی}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{6/3}{2\times30}=\frac{Q}{180}\Rightarrow Q=18/9kJ$$

۱۲ ۳ در ۱۰۰ ثانیهٔ دوم، دو ذرهٔ B که هر کدام معادل ۰/۱۵ مول است، تولید می‌شود. پس تغییر مقدار مول مادهٔ B در بازهٔ زمانی $t=100s$ تا $t=200s$ برابر $0/3mol\,(2\times0/15)$ می‌باشد. ابتدا تغییرات غلظت مادهٔ B را در این بازهٔ زمانی محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta[B]=\frac{\Delta n(B)}{V}=\frac{0/3mol}{4L}=7/5\times10^{-2}mol.L^{-1}$$

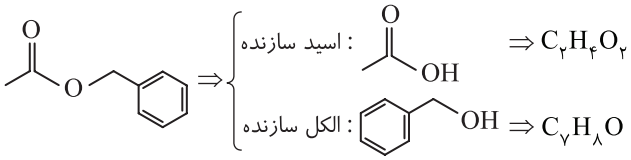
سپس سرعت متوسط تولید مادهٔ B را در ۱۰۰ ثانیهٔ دوم به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(B)=\frac{[\Delta B]}{\Delta t}=\frac{7/5\times10^{-2}mol.L^{-1}}{100s\times\frac{1min}{60s}}=45\times10^{-3}mol.L^{-1}.min^{-1}$$

برای به‌دست آوردن a و b، شکل داده شده را در یک بازهٔ زمانی معین، مثلاً $t=0$ تا $t=100s$ در نظر می‌گیریم. با توجه به اینکه در این بازهٔ زمانی به‌ازای مصرف ۲ ذرهٔ A، ۴ ذرهٔ B تولیدشده است و اینکه ضریب استوکیومتری مواد در معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش باید کوچک‌ترین عدد طبیعی باشد، پس می‌توان نتیجه گرفت که a و b به‌ترتیب برابر ۱ و ۲ بوده و مجموع آن‌ها مساوی ۳ است.

۱۳ ۱ استر ایجادکنندهٔ طعم و بوی خوش آناناس اتیل بوتانوات با فرمول شیمیایی $CH_3CH_2CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3$ بوده و اسید سازندهٔ آن بوتانوئیک اسید $(CH_3CH_2CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH)$ است. هم‌چنین فرمول مولکولی الکل سازندهٔ استر داده شده در صورت سوال به‌صورت $C_6H_5CH_2OH$ می‌باشد.

$$CH_3CH_2CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_2-CH_3\Rightarrow\begin{cases}\text{اسید سازنده: } CH_3CH_2CH_2\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH\Rightarrow C_4H_8O_2\\ \text{الکل سازنده: } CH_3CH_2OH\Rightarrow C_2H_6O\end{cases}$$



فرمول شیمیایی اسید سازندهٔ اتیل بوتانوات و الکل سازندهٔ استری که ساختار آن در صورت سؤال داده شده به‌ترتیب $C_4H_8O_2$ و C_7H_8O است، بنابراین خواهیم داشت:

$$\underset{\text{اسید آلی}}{C_4H_8O_2}+\underset{\text{الکل}}{C_7H_8O}\rightarrow\underset{\text{استر}}{C_{11}H_{14}O_2}+\underset{\text{آب}}{H_2O}$$

فرمول شیمیایی استر حاصل $C_{11}H_{14}O_2$ بوده و درصد جرمی کربن در آن برابر است با:

$$\%C=\frac{\text{جرم‌های اتمی کربن}}{\text{جرم کل}}\times100=\frac{(11\times12)}{(11\times12)+(14\times1)+(2\times16)}\times100\simeq\%74/2$$

۱۴ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش تشکیل سلولز از گلوکز به‌صورت مقابل است:

$$n\,C_6H_{12}O_6 \rightarrow \text{-}(C_6H_{10}O_5)\text{-}_n + n\,H_2O$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kg\,C_6H_{12}O_6 = 12/15\times10^3\,g\ \text{سلولز} \times \frac{1\,mol\ \text{سلولز}}{162n\,g\ \text{سلولز}} \times \frac{n\,mol\ \text{گلوکز}}{1\,mol\ \text{سلولز}} \times \frac{180g\ \text{گلوکز}}{1\,mol\ \text{گلوکز}} \times \frac{1\,kg\ \text{گلوکز}}{10^3\,g\ \text{گلوکز}} = 13/5\,kg\ \text{گلوکز}$$

$$?\,kg\,H_2O = 12/15\times10^3\,g\ \text{سلولز} \times \frac{1\,mol\ \text{سلولز}}{162n\,g\ \text{سلولز}} \times \frac{n\,mol\,H_2O}{1\,mol\ \text{سلولز}} \times \frac{18g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O} \times \frac{1\,kg\,H_2O}{10^3\,g\,H_2O} = 1/35\,kg\,H_2O$$

روش دوم(تناسب):

$$\frac{\text{جرم گلوکز مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم سلولز تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x}{n\times180} = \frac{12/15}{1\times162n} = \frac{y}{n\times18} \Rightarrow x = 13/5\,kg\ \text{گلوکز},\ y = 1/35\,kg\,H_2O$$

۱۵ ۱ ابتدا غلظت محلول کلسیم هیدروکسید $(Ca(OH)_2)$ را محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{[H^+]}{[OH^-]} = 4\times10^{-12} \Rightarrow [H^+] = 4\times10^{-12}[OH^-]$$

$$(25^\circ C)\ \text{دمای اتاق} \Rightarrow [H^+][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow 4\times10^{-12}[OH^-][OH^-] = 10^{-14} \Rightarrow [OH^-]^2 = \frac{10^{-14}}{4\times10^{-12}} = 2/5\times10^{-3} \Rightarrow [OH^-] = 5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$[OH^-] = Mn\alpha \xrightarrow{n=2,\ \alpha=1} 5\times10^{-2} = M\times2\times1 \Rightarrow M = 2/5\times10^{-2}\,mol.L^{-1}\ Ca(OH)_2\ (\text{غلظت اولیهٔ محلول})$$

با توجه به اینکه غلظت محلول اسید ضعیف تک پروتون‌دار $\frac{1}{5}$ غلظت محلول کلسیم هیدروکسید است، می‌توانیم به کمک ثابت یونش اسید (K_a)، pH محلول را به‌دست آوریم:

$$M_a = \frac{1}{5}M_{Ca(OH)_2} = \frac{1}{5}\times2/5\times10^{-2} = 5\times10^{-3}\,mol.L^{-1},\quad K_a = \frac{M\alpha^2}{1-\alpha} \xrightarrow{K_a<10^{-3}} K_a = M\alpha^2 \Rightarrow 5\times10^{-5} = 5\times10^{-3}\alpha^2 \Rightarrow \alpha = 0/1$$

$$[H^+] = M\alpha = 5\times10^{-3}\times0/1 = 5\times10^{-4}\,mol.L^{-1},\quad pH = -\log[H^+] = -\log(5\times10^{-4}) = 4-\log5 = 4-0/7 = 3/3$$

۱۶ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$C_8H_{10} + 4KMnO_4 \rightarrow C_8H_6O_4 + 4MnO_2 + 4KOH$$

ابتدا مقدار مول باز KOH تولید شده در این واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,KOH = 42/4\,g\,C_8H_{10} \times \frac{1\,mol\,C_8H_{10}}{106\,g\,C_8H_{10}} \times \frac{4\,mol\,KOH}{1\,mol\,C_8H_{10}} \times \underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده درصدی}} = 0/96\,mol\,KOH$$

با توجه به تک عاملی بودن جوهر نمک (HCl)، می‌توان نتیجه گرفت که برای خنثی کردن ۰/۹۶ مول KOH به محلولی از جوهر نمک نیاز است که حاوی ۰/۹۶ مول HCl باشد، بنابراین خواهیم داشت:

$$pH = 1/4 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/4} = 10^{-2+0/6} = 10^{-2}\times(10^{0/3})^2 = 4\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$[H^+] = Mn\alpha \xrightarrow{n=1,\ \alpha=1} M_{HCl} = 4\times10^{-2}\,mol.L^{-1},\quad ?\,L\,HCl_{\text{محلول}} = 0/96\,mol\,HCl \times \frac{1\,L\,HCl_{\text{محلول}}}{4\times10^{-2}\,mol\,HCl} = 24\,L\,HCl_{\text{محلول}}$$

۱۷ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$$

برای حل سؤال، درصدی از اتم‌های مس تولید شده که بر روی تیغه قرار می‌گیرند را $x\%$ در نظر گرفته و آن را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Zn\ (\text{مصرفی}) = 3/01\times10^{21}e^- \times \frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{1\,mol\,Zn}{2\,mol\,e^-} \times \frac{65g\,Zn}{1\,mol\,Zn} \times \frac{10^3\,mg\,Zn}{1\,g\,Zn} = 162/5\,mg\,Zn\ (\text{مصرفی})$$

$$?\,g\,Cu\ (\text{تولیدی}) = 3/01\times10^{21}e \times \frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}e^-} \times \frac{1\,mol\,Cu}{2\,mol\,e^-} \times \frac{64g\,Cu}{1\,mol\,Cu} \times \frac{10^3\,mg\,Cu}{1\,g\,Cu} = 160\,mg\,Cu\ (\text{تولیدی})$$

$$\text{تغییر جرم تیغه} = (\frac{x}{100}\times\text{جرم Cu تولیدی}) - (\text{جرم Zn مصرفی}) \Rightarrow -34/5 = (\frac{x}{100}\times160) - (162/5) \Rightarrow x = \%80$$

روش دوم (تناسب):

$$1\,mol\,Zn \sim 1\,mol\,Cu \sim 2\,mol\,e^-$$

$$\frac{\text{تعداد } e^- \text{ مبادله شده}}{\text{ضریب}\times N_A} = \frac{\text{جرم Zn مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} = \frac{\text{جرم Cu تولیدی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{3/01\times10^{21}}{2\times6/02\times10^{23}} = \frac{x\times10^{-3}}{1\times65} = \frac{y\times10^{-3}}{1\times64} \Rightarrow x = 162/5\,mg\,Zn\ ,\ y = 160\,mg\,Cu$$

$$\text{تغییر جرم تیغه} = (\frac{x}{100}\times\text{جرم Cu تولیدی}) - (\text{جرم Zn مصرفی}) \Rightarrow -69 = (\frac{x}{100}\times160) - (162/5) \Rightarrow x = \%80$$

۱۸ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها:

سلول سوختی «هیدرازین - اکسیژن»: $N_2H_4 + O_2 \rightarrow N_2 + 2H_2O \sim 4e^-$ ، سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن»: $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O \sim 4e^-$

با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها می‌توان دریافت که شمار الکترون‌های مبادله شده به‌ازای مصرف ۲ مول گاز H_2 در سلول سوختی «هیدروژن - اکسیژن» معادل شمار الکترون‌های مبادله شده به‌ازای مصرف یک مول N_2H_4 در سلول سوختی «هیدرازین - اکسیژن» است، بنابراین:

$$2\,mol\,H_2 \sim 1\,mol\,N_2H_4$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,N_2H_4=2/5\,g\,H_2\times\frac{1\,mol\,H_2}{2\,g\,H_2}\times\frac{1\,mol\,N_2H_4}{2\,mol\,H_2}\times\frac{32\,g\,N_2H_4}{1\,mol\,N_2H_4}=20\,g\,N_2H_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } H_2}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم } N_2H_4}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{2/5}{2\times2}=\frac{x}{1\times32}\Rightarrow x=20\,g\,N_2H_4$$

۱۹ ۴ فرمول شیمیایی هیدروژن سولفید و اوره به ترتیب H_2S و $CO(NH_2)_2$ است و با توجه به اینکه فقط در اوره اتم اکسیژن وجود دارد، جرم مخلوط را ۱۰۰ گرم در نظر می‌گیریم؛ بنابراین در این مخلوط ۸ گرم اتم اکسیژن وجود دارد. از این رو جرم H_2S و $CO(NH_2)_2$ را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,CO(NH_2)_2=8\,g\,O\times\frac{1\,mol\,O}{16\,g\,O}\times\frac{1\,mol\,CO(NH_2)_2}{1\,mol\,O}\times\frac{60\,g\,CO(NH_2)_2}{1\,mol\,CO(NH_2)_2}=30\,g\,CO(NH_2)_2$$

بنابراین در ۱۰۰ گرم از این مخلوط، ۳۰ گرم اوره $(CO(NH_2)_2)$ و ۷۰ گرم هیدروژن سولفید (H_2S) وجود دارد. اکنون جرمی از گوگرد که در مخلوط وجود دارد را محاسبه کرده و سپس درصد آن را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,S=70\,g\,H_2S\times\frac{1\,mol\,H_2S}{34\,g\,H_2S}\times\frac{1\,mol\,S}{1\,mol\,H_2S}\times\frac{32\,g\,S}{1\,mol\,S}\simeq65/88\,g\,S,\quad \text{درصد جرمی گوگرد در مخلوط}=\frac{\text{جرم گوگرد}}{\text{جرم کل}}\times100=\frac{65/88\,g}{100\,g}\times100=\%65/88$$

۲۰ ۱ انرژی فعال‌سازی در حضور و عدم حضور کاتالیزگر را به ترتیب به‌صورت E_a و E'_a نمایش می‌دهیم:

$$\begin{cases}1)\,E_a(\text{رفت})+E'_a(\text{رفت})=360\,kJ\\ 2)\,E_a(\text{برگشت})+E'_a(\text{برگشت})=120\,kJ\end{cases}$$

با کم کردن معادلهٔ (۲) از معادلهٔ (۱) خواهیم داشت:

$$(\text{معادلهٔ }(1))-(\text{معادلهٔ }(2))=[E_a(\text{رفت})+E'_a(\text{رفت})]-[E_a(\text{برگشت})+E'_a(\text{برگشت})]$$

$$=\underbrace{[E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})]}_{\Delta H\text{ واکنش}}+\underbrace{[E'_a(\text{رفت})-E'_a(\text{برگشت})]}_{\Delta H\text{ واکنش}}=360-120=240\,kJ\Rightarrow 2\Delta H_{\text{واکنش}}=240\,kJ\Rightarrow\Delta H_{\text{واکنش}}=120\,kJ$$

فصل یازدهم: آزمون جامع ۴

۱ ۴ فرمول شیمیایی آلومینیم اکسید و سدیم سیلیکات به ترتیب به‌صورت Al_2O_3 و Na_4SiO_4 است.

$$?\,ion\,O^{2-}=1/53\,g\,Al_2O_3\times\frac{1\,mol\,Al_2O_3}{102\,g\,Al_2O_3}\times\frac{3\,mol\,O^{2-}}{1\,mol\,Al_2O_3}\times\frac{N_A\,ion\,O^{2-}}{1\,mol\,O^{2-}}=4/5\times10^{-2}N_A\,ion\,O^{2-}$$

$$?\,g\,Na_4SiO_4=4/5\times10^{-2}N_A\,ion\times\frac{1\,mol\,ion}{N_A\,ion}\times\frac{1\,mol\,Na_4SiO_4}{5\,mol\,ion}\times\frac{184\,g\,Na_4SiO_4}{1\,mol\,Na_4SiO_4}=1/656\,g\,Na_4SiO_4$$

۲ ۴ برای حل مسئله ابتدا جرم اتمی میانگین منیزیم موجود در مخلوط را $\bar{M}$ در نظر گرفته و محاسبه می‌کنیم:

$$Mg(s)+2HCl(aq)\rightarrow MgCl_2(aq)+H_2(g),\quad 123\,g\,Mg\times\frac{1\,mol\,Mg}{\bar{M}\,g\,Mg}\times\frac{1\,mol\,H_2}{1\,mol\,Mg}\times\frac{2\,g\,H_2}{1\,mol\,H_2}\times\frac{1\,L\,H_2}{0/08\,g\,H_2}=125\,L\,H_2\Rightarrow\bar{M}=24/6$$

سپس به کمک رابطهٔ محاسبهٔ جرم اتمی میانگین، درصد فراوانی هر ایزوتوپ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول:

$$\text{جرم اتمی میانگین منیزیم}=\frac{M_1F_1+M_2F_2}{F_1+F_2}\xrightarrow[F_2=100-F_1]{F_1+F_2=\%100}24/6=\frac{24F_1+26(100-F_1)}{100}\Rightarrow F_1=\%70,\,F_2=\%30$$

روش دوم (تستی):

$$\text{جرم اتمی میانگین منیزیم}=M_1+\frac{F_2}{100}(M_2-M_1)\Rightarrow24/6=24+\frac{F_2}{100}(26-24)\Rightarrow F_2=\%30,\,F_1=100-30=\%70$$

بنابراین تفاوت درصد فراوانی دو ایزوتوپ در مخلوط اولیه برابر ٪۴۰ $(70-30)$ است.

۳ ۱ **قسمت اول:** فرمول شیمیایی مالتوز و کربن دی‌اکسید به‌صورت $C_{12}H_{22}O_{11}$ و CO_2 است. با توجه به اینکه کربن دی‌اکسید فاقد اتم هیدروژن است، ابتدا از شمار اتم‌های هیدروژن، مقدار مالتوز موجود در مخلوط را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,C_{12}H_{22}O_{11}=66/22\times10^{22}\,H\times\frac{1\,mol\,H}{6/02\times10^{23}\,H}\times\frac{1\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}}{22\,mol\,H}\times\frac{342\,g\,C_{12}H_{22}O_{11}}{1\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}}=17/1\,g\,C_{12}H_{22}O_{11}$$

پس جرم کربن دی‌اکسید موجود در مخلوط برابر $9/9\,g$ $(27-17/1)$ است. اکنون مقدار مول هر کدام را به‌دست آورده و نسبت مولی آن‌ها را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,CO_2=9/9\,g\,CO_2\times\frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2}=0/225\,mol\,CO_2$$

$$?\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}=17/1\,g\,C_{12}H_{22}O_{11}\times\frac{1\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}}{342\,g\,C_{12}H_{22}O_{11}}=0/05\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}$$

نسبت مولی کربن دی‌اکسید به مالتوز برابر ۴/۵ $\left(\frac{0/225}{0/05}\right)$ است.

قسمت دوم: معادلهٔ واکنش سوختن کامل مالتوز به‌صورت مقابل است:

$$C_{12}H_{22}O_{11}(s)+12O_2(g)\rightarrow 12CO_2(g)+11H_2O(g)$$

مقدار مول CO_2 حاصل از سوختن ۰/۰۵ مول مالتوز برابر است با:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,mol\,CO_2=0/05\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}\times\frac{12\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_{12}H_{22}O_{11}}=0/6\,mol\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{مول } C_{12}H_{22}O_{11}\text{ مصرفی}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{مول } CO_2\text{ تولیدی}}{\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/05}{1}=\frac{x}{12}\Rightarrow x=0/6\,mol\,CO_2$$

۴ ۳ برای حل این مسئله، تعداد ذره‌های ماده در هر گزینه را محاسبه می‌کنیم:

گزینهٔ (۱):

$$?\,atom=1/68\,L\,NH_3\times\frac{1\,mol\,NH_3}{22/4\,L\,NH_3}\times\frac{4\,mol\,atom}{1\,mol\,NH_3}\times\frac{N_A\,atom}{1\,mol\,atom}=0/3N_A\,atom$$

گزینهٔ (۲):

$$?\,molecule=15/2\,g\,N_2O_3\times\frac{1\,mol\,N_2O_3}{76\,g\,N_2O_3}\times\frac{N_A\,molecule}{1\,mol\,N_2O_3}=0/2N_A\,molecule$$

گزینهٔ (۳):

$$?\,ion=0/1\,L\,\text{محلول}\times\frac{0/5\,mol\,CaCl_2}{1\,L\,\text{محلول}}\times\frac{3\,mol\,ion}{1\,mol\,CaCl_2}\times\frac{N_A\,ion}{1\,mol\,ion}=0/15N_A\,ion$$

گزینهٔ (۴):

$$?\,molecule=20\,g\,\text{محلول}\times\frac{46\,g\,C_2H_5OH}{100\,g\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,C_2H_5OH}{46\,g\,C_2H_5OH}\times\frac{N_A\,molecule}{1\,mol\,C_2H_5OH}=0/2N_A\,molecule$$

تعداد ذره‌های ماده در گزینهٔ (۳) از سایر گزینه‌ها کمتر است.

۵ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$3CaCl_2(aq)+2Na_3PO_4(aq)\rightarrow Ca_3(PO_4)_2(s)+6NaCl(aq)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\,Na_3PO_4\,\text{محلول}=400\,g\,CaCl_2\,\text{محلول}\times\frac{16/65\,g\,CaCl_2}{100\,g\,CaCl_2\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,CaCl_2}{111\,g\,CaCl_2}\times\frac{2\,mol\,Na_3PO_4}{3\,mol\,CaCl_2}\times\frac{164\,g\,Na_3PO_4}{1\,mol\,Na_3PO_4}\times\frac{1\,L\,Na_3PO_4\,\text{محلول}}{41\,g\,Na_3PO_4}$$

$$=1/6\,L\,Na_3PO_4\,\text{محلول}$$

$$?\,g\,Ca_3(PO_4)_2=400\,g\,CaCl_2\,\text{محلول}\times\frac{16/65\,g\,CaCl_2}{100\,g\,CaCl_2\,\text{محلول}}\times\frac{1\,mol\,CaCl_2}{111\,g\,CaCl_2}\times\frac{1\,mol\,Ca_3(PO_4)_2}{3\,mol\,CaCl_2}\times\frac{310\,g\,Ca_3(PO_4)_2}{1\,mol\,Ca_3(PO_4)_2}=62\,g\,Ca_3(PO_4)_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{CaCl_2\text{ محلول جرم}\times\frac{P}{100}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Na_3PO_4\text{ محلول لیتر}\times\text{غلظت}\left(\frac{g}{L}\right)}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Ca_3(PO_4)_2\text{ تولیدی جرم}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{400\times\frac{16/65}{100}}{3\times111}=\frac{x\times41}{2\times164}=\frac{y}{1\times310}$$

$$\Rightarrow x=1/6\,L\,Na_3PO_4\,\text{محلول},\ y=62\,g\,Ca_3(PO_4)_2$$

۶ ۱ چگالی محلول رقیق را $1\,g.mL^{-1}$ در نظر گرفته و جرم محلول غلیظ را محاسبه می‌کنیم:

روش اول: ابتدا جرم Na^+ در محلول را محاسبه می‌کنیم:

$$ppm=\frac{\text{میلی‌گرم حل‌شونده}}{\text{لیتر محلول}}\Rightarrow 69=\frac{x\,mg\,Na^+}{50}\Rightarrow x=3450\,mg\,Na^+=3/45\,g\,Na^+$$

سپس به کمک جرم Na^+، جرم Na_2SO_4 موجود در محلول غلیظ را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,g\,Na_2SO_4=3/45\,g\,Na^+\times\frac{1\,mol\,Na^+}{23\,g\,Na^+}\times\frac{1\,mol\,Na_2SO_4}{2\,mol\,Na^+}\times\frac{142\,g\,Na_2SO_4}{1\,mol\,Na_2SO_4}=10/65\,g\,Na_2SO_4$$

اکنون جرم محلول غلیظ را به‌دست آورده و به کمک چگالی، حجم آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{درصد جرمی محلول}=\frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}}\times100\Rightarrow35/5=\frac{10/65}{y\,g\,\text{محلول}}\times100\Rightarrow y=30\,g\,\text{محلول}$$

$$\text{چگالی محلول}=\frac{\text{جرم محلول}}{\text{حجم محلول}}\Rightarrow\text{حجم محلول}=\frac{\text{جرم محلول}}{\text{چگالی محلول}}=\frac{30\,g}{1/25\,g.mL^{-1}}=24\,mL\,\text{محلول}$$

روش دوم: مراحل بالا را می‌توان به کمک کسرهای تبدیل در یک مرحله خلاصه نمود:

$$?\,g\,\text{غلیظ محلول}=50\,L\,\text{رقیق محلول}\times\frac{10^3\,g\,\text{رقیق محلول}}{1\,L\,\text{رقیق محلول}}\times\frac{69\,g\,Na^+}{10^6\,g\,\text{رقیق محلول}}\times\frac{1\,mol\,Na^+}{23\,g\,Na^+}\times\frac{1\,mol\,Na_2SO_4}{2\,mol\,Na^+}\times\frac{142\,g\,Na_2SO_4}{1\,mol\,Na_2SO_4}\times\frac{100\,g\,\text{غلیظ محلول}}{35/5\,g\,Na_2SO_4}$$

$$\times\frac{1\,mL\,\text{غلیظ محلول}}{1/25\,g\,\text{غلیظ محلول}}=24\,mL\,\text{غلیظ محلول}$$

۷ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

۱) $2Fe_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow 4Fe(s)+3CO_2(g)$ ۲) $2Al_2O_3(s)+3C(s)\rightarrow 4Al(s)+3CO_2(g)$

جرم آهن و آلومینیم تولید شده در هر واکنش را x گرم در نظر گرفته و حجم گاز CO_2 حاصل از هر واکنش را برحسب x محاسبه می‌کنیم: (به دلیل یکسان بودن دما و فشار، حجم مولی گازها را یکسان و برابر V_n در نظر بگیرید.)

$$?\,L\,CO_2(\text{واکنش ۱})=x\,g\,Fe\times\frac{1\,mol\,Fe}{56\,g\,Fe}\times\frac{3\,mol\,CO_2}{4\,mol\,Fe}\times\frac{V_n\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=\frac{3xV_n}{224}\,L\,CO_2$$

$$?\,L\,CO_2(\text{واکنش ۲})=x\,g\,Al\times\frac{1\,mol\,Al}{27\,g\,Al}\times\frac{3\,mol\,CO_2}{4\,mol\,Al}\times\frac{V_n\,L\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=\frac{xV_n}{36}\,L\,CO_2$$

نسبت حجم گاز CO_2 حاصل از واکنش تولید آلومینیم (واکنش ۲) به حجم گاز CO_2 حاصل از واکنش تولید آهن (واکنش ۱) برابر است با:

$$\frac{\text{حجم گاز }CO_2\text{ در واکنش (۲)}}{\text{حجم گاز }CO_2\text{ در واکنش (۱)}}=\frac{\frac{xV_n}{36}}{\frac{3xV_n}{224}}\simeq 2/07$$

روش دوم (تناسب):

$$\text{در واکنش (۱):}\frac{\text{جرم Fe تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم گاز }CO_2\text{ تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{4\times56}=\frac{V_1\,L\,CO_2}{3\times V_n}\Rightarrow V_1=\frac{3x\,V_n}{224}\,L\,CO_2$$

$$\text{در واکنش (۲):}\frac{\text{جرم Al تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{حجم گاز }CO_2\text{ تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{حجم مولی}}\Rightarrow\frac{x}{4\times27}=\frac{V_2\,L\,CO_2}{3\times V_n}\Rightarrow V_2=\frac{xV_n}{36}\,L\,CO_2$$

نسبت حجم گاز CO_2 حاصل از واکنش تولید آلومینیم (واکنش ۲) به حجم گاز CO_2 حاصل از واکنش تولید آهن (واکنش ۱) برابر است با:

$$\frac{\text{حجم گاز }CO_2\text{ در واکنش (۲)}}{\text{حجم گاز }CO_2\text{ در واکنش (۱)}}=\frac{\frac{xV_n}{36}}{\frac{3xV_n}{224}}\simeq 2/07$$

۸ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $2NaHCO_3(s)\rightarrow Na_2CO_3(s)+CO_2(g)+H_2O(g)$

روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول: در این واکنش به‌ازای تجزیهٔ کامل ۲ مول جوش شیرین $(NaHCO_3)$، یک مول CO_2 و یک مول آب تولید می‌شود که مجموع جرم آن‌ها برابر $62g\,(18+44)$ است؛ بنابراین خواهیم داشت: جرم گاز تولیدشده (مقدار عملی) $=4/2-2/96=1/24g$

$$\text{گاز }g\,1/55=4/2\,g\,NaHCO_3\times\frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3}\times\frac{\text{گاز }62g}{2\,mol\,NaHCO_3}=\text{(جرم گاز تولیدشده) (مقدار نظری)}$$

$$\text{بازده واکنش}=\frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}}\times100=\frac{1/24}{1/55}\times100=\%80$$

قسمت دوم: برای محاسبهٔ حجم گاز CO_2 تولیدی به صورت زیر عمل می‌کنیم:

$$?\,L\,CO_2=4/2\,g\,NaHCO_3\times\frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{2\,mol\,NaHCO_3}\times\frac{22400\,mL\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}\times\underbrace{\frac{80}{100}}_{\text{بازده واکنش}}=448\,mL\,CO_2$$

روش دوم (تناسب): قسمت اول و دوم:

$$\frac{\text{جرم }NaHCO_3\text{ مصرفی}\times\frac{R}{100}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{مجموع جرم گازهای تولیدی}}{\text{ضریب هر گاز}\times\text{مجموع جرم مولی}}=\frac{\text{حجم }CO_2\text{ تولیدی (mL)}}{22400\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{4/2\times\frac{R}{100}}{2\times84}=\frac{\text{گاز }(4/2-2/96)g}{(1\times18)+(1\times44)}=\frac{x}{1\times22400}$$

$$\Rightarrow R=\%80\ ,\ x=448\,mL\,CO_2$$

۹ ۴ معادلهٔ واکنش‌های انجام شده به‌صورت زیر است: (فرمول کربوکسیلیک اسید مصرفی را $C_nH_{2n}O_2$ در نظر می‌گیریم.)

مرحلهٔ اول: $C_3H_6(g)+H_2O(l)\xrightarrow{H_2SO_4}C_3H_7OH(aq)$

مرحلهٔ دوم: $C_3H_7OH(aq)+C_nH_{2n}O_2(aq)\rightarrow C_{n+3}H_{2n+6}O_2(aq)+H_2O(l)$

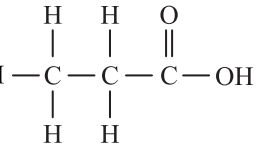
روش اول (کسر تبدیل): قسمت اول:

$$?\,g\,H_2O=10/5\,g\,C_3H_6\times\frac{1\,mol\,C_3H_6}{42\,g\,C_3H_6}\times\frac{1\,mol\,C_3H_7OH}{1\,mol\,C_3H_6}\times\frac{1\,mol\,H_2O}{1\,mol\,C_3H_7OH}\times\frac{18\,g\,H_2O}{1\,mol\,H_2O}=4/5\,g\,H_2O$$

قسمت دوم: جرم مولی استر تولیدشده $=12(n+3)+1(2n+6)+2(16)=(14n+74)g.mol^{-1}$

$$10/5g\,C_3H_6\times\frac{1mol\,C_3H_6}{42g\,C_3H_6}\times\frac{1mol\,C_3H_7OH}{1mol\,C_3H_6}\times\frac{1mol\,\text{استر}}{1mol\,C_3H_7OH}\times\frac{(14n+74)g\,\text{استر}}{1mol\,\text{استر}}=29g\,\text{استر}\Rightarrow n=3$$

پس فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید $C_3H_6O_2$ است و در هر مولکول آن ۱۱ پیوند اشتراکی وجود دارد.

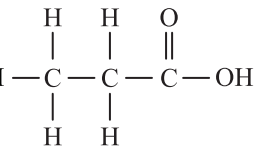
$C_3H_6O_2\Rightarrow$  ۱۱ پیوند اشتراکی $\Rightarrow$

روش دوم (تناسب): با توجه به واکنش‌های مرحلهٔ (۱) و (۲) می‌توان دریافت که به‌ازای مصرف یک مول پروپن، یک مول پروپانول تولید و از واکنش یک مول پروپانول با کربوکسیلیک اسید، یک مول آب و یک مول استر تولید می‌شود.

$$1mol\,C_3H_6\sim1mol\,H_2O\sim1mol\,\text{استر}$$

$$\frac{\text{جرم پروپن مصرفی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم استر تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{10/5}{1\times42}=\frac{x}{1\times18}=\frac{29}{1\times(14n+74)}\Rightarrow x=4/5g\,H_2O\ ,\ n=3$$

پس فرمول مولکولی کربوکسیلیک اسید $C_3H_6O_2$ است و در هر مولکول آن ۱۱ پیوند اشتراکی وجود دارد.

$C_3H_6O_2\Rightarrow$  ۱۱ پیوند اشتراکی $\Rightarrow$

۱۰ ۲ ابتدا آنتالپی واکنش $Fe_2O_3(s)+3CO(g)\rightarrow2Fe(s)+3CO_2(g)$ را به کمک سه معادلهٔ کمکی داده شده محاسبه می‌کنیم. به این منظور معادلهٔ (I) را در $\frac{2}{3}$ ضرب می‌کنیم، معادلهٔ (II) را در ۲ ضرب می‌کنیم و معادلهٔ (III) را وارونه و در $\frac{1}{3}$ ضرب می‌کنیم.

$$I)\ \frac{2}{3}Fe_3O_4(s)+\frac{2}{3}CO(g)\rightarrow2FeO(s)+\frac{2}{3}CO_2(g)\qquad\Delta H'_I=\frac{2}{3}(18)=12kJ$$

$$II)\ 2FeO(s)+2CO(g)\rightarrow2Fe(s)+2CO_2(g)\qquad\Delta H_{II}=-11kJ$$

$$III)\ \frac{1}{3}CO(g)+Fe_2O_3(s)\rightarrow\frac{1}{3}CO_2(g)+\frac{2}{3}Fe_3O_4(s)\qquad\Delta H'_{III}=-\frac{1}{3}(39)=-13kJ$$

$$\text{معادلهٔ هدف: }Fe_2O_3(s)+3CO(g)\rightarrow2Fe(s)+3CO_2(g)\qquad\Delta H_{\text{هدف}}:12+(-11)+(-13)=-12kJ$$

سپس گرمای حاصل از مصرف ۵۰۰ گرم Fe_2O_3 را به‌دست می‌آوریم:

$$?J=500g\,Fe_2O_3(\text{ناخالص})\times\frac{64g\,Fe_2O_3(\text{خالص})}{100g\,Fe_2O_3(\text{ناخالص})}\times\frac{1mol\,Fe_2O_3}{160g\,Fe_2O_3}\times\frac{12kJ}{1mol\,Fe_2O_3}\times\frac{10^3J}{1kJ}=24000J$$

حال به کمک رابطهٔ $Q=mc\Delta\theta$، جرمی از اتانول را که می‌توان با این مقدار گرما دمای آن را از $20^\circ C$ به $40^\circ C$ افزایش داد، محاسبه می‌کنیم:

$$Q=mc\Delta\theta\Rightarrow m=\frac{Q}{c\Delta\theta}=\frac{24000}{2/4\times(40-20)}=500g$$

۱۱ ۱ ابتدا انرژی لازم برای ۴۵ دقیقه پیاده‌روی را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{انرژی لازم برای ۴۵ دقیقه پیاده‌روی}=45\,min\,\text{پیاده‌روی}\times\frac{1h\,\text{پیاده‌روی}}{60\,min\,\text{پیاده‌روی}}\times\frac{190kcal}{1h\,\text{پیاده‌روی}}\times\frac{4/2kJ}{1kcal}=598/5kJ$$

از آن‌جا که این مقدار انرژی از مصرف ۲۱ گرم بادام به‌دست آمده، ارزش سوختی بادام را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{ارزش سوختی بادام}=\frac{598/5kJ}{21g}=28/5kJ.g^{-1}$$

۱۲ ۲ قسمت اول: ابتدا مقدار مول A را در دقیقهٔ ۲ محاسبه می‌کنیم:

$$\bar{R}(A)(t=0\,min\ \text{تا}\ t=2\,min)=-\frac{\Delta n(A)}{\Delta t}\Rightarrow7/5\times10^{-3}=-\frac{\Delta n(A)}{(2\times60)s}\Rightarrow\Delta n(A)(t=0\,min\ \text{تا}\ t=2\,min)=-0/9mol$$

$$\Rightarrow n(A)_{t=2}-n(A)_{t=0}=-0/9\Rightarrow n(A)_{t=2}-2/5=-0/9\Rightarrow n(A)_{t=2}=1/6mol$$

سپس سرعت متوسط مصرف A در بازهٔ زمانی $t=2\,min$ تا $t=5\,min$ را بر حسب $mol.L^{-1}.min^{-1}$ به‌دست می‌آوریم:

$$\bar{R}(A)(t=2\,min\ \text{تا}\ t=5\,min)=-\frac{\Delta n(A)}{V_{\text{ظرف}}\times\Delta t}=-\frac{(1-1/6)}{2\times3}=0/1\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

حال سرعت متوسط تولید مادهٔ B را در بازهٔ زمانی $t=2\,min$ تا $t=5\,min$ محاسبه می‌کنیم:

$$\frac{\bar{R}(B)}{\bar{R}(A)}=\frac{1}{2}\Rightarrow\bar{R}(B)=\frac{1}{2}\times\bar{R}(A)=\frac{1}{2}\times0/1=0/05mol.L^{-1}.min^{-1}$$

قسمت دوم: با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش که به‌صورت $2A \rightarrow B+2C$ است، به‌ازای مصرف ۲ مول مادهٔ A، ۳ مول فراورده تولید می‌شود. اکنون می‌توان دریافت که به‌ازای مصرف ۱/۵ مول مادهٔ A و باقی‌ماندن ۱ مول از آن در ظرف واکنش، ۲/۲۵ مول فراورده تولید می‌شود.

$$\text{مجموع مول فراورده‌های تولیدشده} = 1/5\,\text{mol A} \times \frac{3\,\text{mol فراورده}}{2\,\text{mol A}} = 2/25\,\text{mol فراورده}$$

پس مجموع مول مواد موجود در ظرف واکنش در دقیقه ۵ برابر $3/25\,\text{mol}$ (۱+۲/۲۵) است.

۱۳ **۳** معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش پلیمری‌شدن:

$$n\,C_3H_6(g) \rightarrow \text{-}(C_3H_6)\text{-}_n(s)$$

ابتدا جرم مونومرهای مصرفی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,C_3H_6 = 60\,L\,C_3H_6 \times \frac{1\,\text{mol}\,C_3H_6}{25\,L\,C_3H_6} \times \frac{42\,g\,C_3H_6}{1\,\text{mol}\,C_3H_6} = 100/8\,g\,C_3H_6$$

همان‌طور که می‌دانید در واکنش‌های پلیمری‌شدن از نوع افزایشی، مجموع جرم واکنش‌دهنده‌ها (مونومرها) با جرم پلیمر برابر است، بنابراین مقدار نظری پلی‌پروپن برابر ۱۰۰/۸ گرم است. حال مقدار عملی آن را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\ \text{پلی‌پروپن (مقدار عملی)} = 1/4\times10^{-3}\,\text{mol پلی‌پروپن} \times \frac{6\times10^{23}\,\text{molecule پلی‌پروپن}}{1\,\text{mol پلی‌پروپن}} \times \frac{8/4\times10^{-20}\,g\ \text{پلی‌پروپن}}{1\,\text{molecule پلی‌پروپن}} \simeq 70/56\,g\ \text{پلی‌پروپن (مقدار عملی)}$$

اکنون بازده درصدی واکنش تولید پلی‌پروپن را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{بازده واکنش} = \frac{\text{مقدار عملی}}{\text{مقدار نظری}} \times 100 = \frac{70/56}{100/8} \times 100 = \%70$$

۱۴ **۴** ابتدا غلظت اولیهٔ محلول دو اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$M_{HB} = \frac{3/2\,g\,HB \times \frac{1\,\text{mol HB}}{80\,g\,HB}}{1\,L} = 0/04\,\text{mol.L}^{-1}$$

$$M_{HA} = \frac{4\,g\,HA \times \frac{1\,\text{mol HA}}{200\,g\,HA}}{1\,L} = 0/02\,\text{mol.L}^{-1}$$

سپس به کمک نسبت غلظت تعادلی HB به غلظت تعادلی HA که برابر $\frac{7}{3}$ است، رابطهٔ α_{HA} و α_{HB} را به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{[HB]}{[HA]} = \frac{M_{HB}(1-\alpha_{HB})}{M_{HA}(1-\alpha_{HA})} = \frac{0/04(1-\alpha_{HB})}{0/02(1-\alpha_{HA})} = \frac{7}{3} \Rightarrow 7\alpha_{HA} - 6\alpha_{HB} = 1 \qquad (I)$$

حال با توجه به اینکه pH هر دو محلول یکسان است، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت H^+ در هر دو محلول با هم برابر است، پس خواهیم داشت:

$$[H^+]_{HA} = [H^+]_{HB} \xrightarrow{[H^+]=M\alpha} M_{HA}\alpha_{HA} = M_{HB}\alpha_{HB} \Rightarrow 0/02\alpha_{HA} = 0/04\alpha_{HB} \Rightarrow \alpha_{HA} = 2\alpha_{HB} \qquad (II)$$

سپس از رابطهٔ (I) و (II)، درجهٔ یونش اسید HA را محاسبه می‌کنیم:

$$\begin{cases} 7\alpha_{HA} - 6\alpha_{HB} = 1 \\ \alpha_{HA} = 2\alpha_{HB} \end{cases} \Rightarrow 7(2\alpha_{HA}) - 6\alpha_{HB} = 1 \Rightarrow 8\alpha_{HB} = 1 \Rightarrow \alpha_{HB} = \frac{1}{8},\ \alpha_{HA} = \frac{1}{4}$$

حال غلظت H^+ و OH^- را در محلول HA محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]_{HA} = M_{HA}\alpha_{HA} = 0/02 \times \frac{1}{4} = 5\times10^{-3}\,\text{mol.L}^{-1}$$

$$[OH^-]_{HA} = \frac{1\times10^{-14}}{[H^+]_{HA}} = \frac{1\times10^{-14}}{5\times10^{-3}} = 2\times10^{-12}\,\text{mol.L}^{-1}$$

اکنون نسبت غلظت H^+ به OH^- را در محلول HA به‌دست می‌آوریم:

$$\frac{[H^+]_{HA}}{[OH^-]_{HA}} = \frac{5\times10^{-3}}{2\times10^{-12}} = 2/5\times10^{9}$$

۱۵ **۳** ابتدا به کمک رابطهٔ ثابت تعادل، غلظت تعادلی CO_2 را محاسبه می‌کنیم: $CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g), \quad K = [CO_2] = 10^{-3}\,\text{mol.L}^{-1}$

سپس مقدار مول CaO تولید شده در واکنش تعادلی را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,\text{mol CaO} = 5\,L\ \text{ظرف} \times \frac{10^{-3}\,\text{mol}\,CO_2}{1\,L\ \text{ظرف}} \times \frac{1\,\text{mol CaO}}{1\,\text{mol}\,CO_2} = 5\times10^{-3}\,\text{mol CaO}$$

حال با توجه به معادلهٔ $CaO(s) + 2HNO_3(aq) \rightarrow Ca(NO_3)_2(aq) + H_2O(l)$، مقدار مولی از HNO_3 که توسط CaO خنثی می‌شود را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,\text{mol}\,HNO_3 = 5\times10^{-3}\,\text{mol CaO} \times \frac{2\,\text{mol}\,HNO_3}{1\,\text{mol CaO}} = 10^{-2}\,\text{mol}\,HNO_3$$

اکنون با توجه به pH محلول HNO_3، حجمی از محلول اسید که حاوی 10^{-2} مول HNO_3 است را به‌دست می‌آوریم:

$$pH = 1/3 \Rightarrow [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/3} = 10^{-2+0/7} = 10^{-2}\times10^{0/7} = 5\times10^{-2}\,\text{mol.L}^{-1}$$

$$[H^+] = \frac{n(HNO_3)}{V_{\text{محلول}}} \Rightarrow 5\times10^{-2} = \frac{10^{-2}}{V_{\text{محلول}}} \Rightarrow V_{\text{محلول}} = 0/2\,L = 200\,mL$$

۱۶ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل یک مول ترفتالیک اسید به‌صورت مقابل است: $C_8H_6O_4(l)+\frac{15}{2}O_2(g)\rightarrow 8CO_2(g)+3H_2O(g)$

ابتدا مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن را در ترفتالیک اسید محاسبه می‌کنیم: $C_8H_6O_4 \Rightarrow 8C+6(+1)+4(-2)=0 \Rightarrow 8C=2$

سپس عدد اکسایش اتم کربن در کربن دی‌اکسید را به‌دست آورده و در عدد ۸ ضرب می‌کنیم: $CO_2 \Rightarrow C+2(-2)=0 \Rightarrow C=+4$

$8\times 4=32$ = مجموع عدد اکسایش اتم کربن در ۸ مولکول کربن دی‌اکسید

پس تغییر مجموع عدد اکسایش اتم‌های کربن برابر ۳۰ (۲−۳۲) است.

۱۷ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $2Al(s)+3CuSO_4(aq)\rightarrow Al_2(SO_4)_3(aq)+3Cu(s)$

در این واکنش به‌ازای تولید ۳ مول مس (۱۹۲ گرم) و قرار گرفتن ۷۵٪ آن بر روی تیغه، ۲ مول آلومینیم (۵۴ گرم) مصرف می‌شود. برای حل این مسئله، تغییر غلظت محلول مس (II) سولفات را x مول بر لیتر در نظر می‌گیریم و جرم Al مصرفی و Cu تولیدی را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,Al\ (\text{مصرفی})=2L\ \text{محلول}\times\frac{x\,mol\,CuSO_4}{1\,L\ \text{محلول}}\times\frac{2mol\,Al}{3mol\,CuSO_4}\times\frac{27g\,Al}{1mol\,Al}=36x\,g\,Al$$

$$?\,g\,Cu\ (\text{تولیدی})=2L\ \text{محلول}\times\frac{x\,mol\,CuSO_4}{1\,L\ \text{محلول}}\times\frac{3mol\,Cu}{3mol\,CuSO_4}\times\frac{64g\,Cu}{1mol\,Cu}=128x\,g\,Cu$$

اکنون با توجه به جرم اولیه و ثانویه تیغه، مقدار x را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم ثانویهٔ تیغه}=\text{جرم اولیه تیغه}-\text{جرم Al مصرفی}+\frac{75}{100}\times\text{جرم Cu تولیدی}\Rightarrow 26-36x+\frac{75}{100}(128x)=32\Rightarrow x=0/1\,mol.L^{-1}$$

سپس درصد کاهش غلظت محلول $CuSO_4$ را به‌دست می‌آوریم: $\%\Delta[CuSO_4]=\frac{\text{تغییرات غلظت}}{\text{غلظت اولیه}}\times 100=\frac{0/1}{0/5}\times 100=\%20$

قسمت دوم: در واکنش آلومینیم و محلول مس (II) سولفات، به‌ازای مصرف ۳ مول مس (II) سولفات، ۶ مول الکترون میان گونه‌ها مبادله می‌شود، پس ابتدا مقدار مول الکترون مبادله شده در مدت ۵ دقیقه را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,mol\,e=2L\ \text{محلول}\times\frac{0/1\,mol\,CuSO_4}{1\,L\ \text{محلول}}\times\frac{6mol\,e}{3mol\,CuSO_4}=0/4\,mol\,e$$

سپس سرعت متوسط مبادلهٔ الکترون را بر حسب مول بر ثانیه به‌دست می‌آوریم: $\bar{R}(e)=\frac{\text{مقدار مول الکترون مبادله شده}}{\Delta t}=\frac{0/4mol}{(5\times 60)s}\simeq 1/33\times 10^{-3}\,mol.s^{-1}$

۱۸ ۱ ابتدا معادله را از نظر تعداد اتم و بار الکتریکی موازنه می‌کنیم: $2V^{5+}(aq)+(5-n)Zn(s)\rightarrow 2V^{n+}(aq)+(5-n)Zn^{2+}(aq)$

سپس مقدار n را محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$300\times 10^{-3}\,L\ \text{محلول}\times\frac{0/4mol\,V^{5+}}{1\,L\ \text{محلول}}\times\frac{(5-n)mol\,Zn}{2mol\,V^{5+}}\times\frac{65g\,Zn}{1mol\,Zn}=11/7g\,Zn\Rightarrow n=2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول نمک وانادیم}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم روی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{0/3\times 0/4}{2}=\frac{11/7}{(5-n)\times 65}\Rightarrow n=2$$

پس در انتهای واکنش، عدد اکسایش اتم‌های وانادیم برابر ۲+ بوده و رنگ محلول آن بنفش است.

۱۹ ۳ قسمت اول: ابتدا آنتالپی واکنش تبدیل $CO(g)$ به $CO_2(g)$ را محاسبه می‌کنیم: $2CO(g)+O_2(g)\rightarrow 2CO_2(g)$

ΔH واکنش = [مجموع آنتالپی پیوند مواد فراورده] − [مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش‌دهنده]

$$=[2\Delta H(C\equiv O)+\Delta H(O=O)]-[4\Delta H(C=O)]=[2\times 1075+496]-[4\times 799]=-550\,kJ$$

سپس گرمای تولید شده از تبدیل CO حاصل از پیمایش خودرو به CO_2 را به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=20km\ \text{مسافت}\times\frac{(5/99-0/69)g\,CO}{1km\ \text{مسافت}}\times\frac{1mol\,CO}{28g\,CO}\times\frac{550kJ}{2mol\,CO}\simeq 1041\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم CO مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{20\times(5/99-0/69)}{2\times 28}=\frac{Q}{550}\Rightarrow Q=1041\,kJ$$

قسمت دوم: ابتدا انرژی فعال‌سازی برگشت را محاسبه می‌کنیم:

$$\Delta H\ \text{واکنش}=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})\Rightarrow -550=330-E_a(\text{برگشت})\Rightarrow E_a(\text{برگشت})=880\,kJ$$

سپس مجموع انرژی فعال‌سازی رفت و برگشت را به‌دست می‌آوریم: $E_a(\text{رفت})+E_a(\text{برگشت})=330+880=1210\,kJ$

۲۰ ۴ معادلهٔ واکنش موجود در سامانهٔ تعادلی و رابطهٔ ثابت تعادل آن به‌صورت مقابل است: $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ $\qquad K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}$

ابتدا غلظت تعادلی هر گونه را محاسبه کرده و در رابطهٔ ثابت تعادل قرار می‌دهیم و مقدار عددی K را به‌دست می‌آوریم:

$$[N_2]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۱۲mol}{۳L}=۰/۰۴mol.L^{-۱},\quad [H_2]=\frac{n}{V}=\frac{۳g\,H_2\times\frac{۱mol\,H_2}{۲g\,H_2}}{۳L}=۰/۵mol.L^{-۱},\quad [NH_3]=\frac{n}{V}=\frac{۰/۰۶mol}{۳L}=۰/۰۲mol.L^{-۱}$$

$$\Rightarrow K=\frac{(۰/۰۲)^۲}{(۰/۰۴)(۰/۵)^۳}=۰/۰۸L^۲.mol^{-۲}$$

طبق اصل لوشاتلیه، با افزایش فشار در سامانه‌های تعادلی که حداقل دارای یک مادهٔ گازی هستند، تعادل در جهت کاهش فشار و تعداد مول گازی کمتر جابه‌جا می‌شود، پس در معادلهٔ $N_2(g)+۳H_2(g)\rightleftharpoons ۲NH_3(g)$، با افزایش فشار، تعادل در جهت رفت و تولید آمونیاک جابه‌جا می‌شود.

فصل یازدهم: آزمون جامع ۵

۱ ۳ عدد اتمی عنصری که در گروه ۱۱ و دورهٔ ۴ جدول دوره‌ای قرار دارد برابر ۲۹ بوده و با توجه به توضیحات مسئله تعداد نوترون‌های موجود در ایزوتوپ سبک‌تر (^{A}X) برابر $۳۴\,(۲۹+۵)$ است. بنابراین عدد جرمی ایزوتوپ سبک‌تر (یعنی A) برابر است با:

$$A=n+Z=۳۴+۲۹=۶۳$$

اکنون عدد جرمی دو ایزوتوپ دیگر را محاسبه کرده و به کمک رابطهٔ فراوانی آن‌ها، جرم اتمی میانگین X را به‌دست می‌آوریم:

$$\begin{cases}\text{فراوانی ایزوتوپ سبک‌تر}=F_۱=۳F_۳\\ \text{فراوانی ایزوتوپ متوسط}=F_۲=۲F_۱=۶F_۳\\ \text{فراوانی ایزوتوپ سنگین‌تر}=F_۳\end{cases}\qquad \begin{cases}\text{جرم اتمی ایزوتوپ سبک‌تر}=۶۳amu\\ \text{جرم اتمی ایزوتوپ متوسط}=۶۳+۱=۶۴amu\\ \text{جرم اتمی ایزوتوپ سنگین‌تر}=۶۳+۳=۶۶amu\end{cases}$$

روش اول:

$$\text{جرم اتمی میانگین }X=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲+M_۳F_۳}{F_۱+F_۲+F_۳}=\frac{(۶۳\times۳F_۳)+(۶۴\times۶F_۳)+(۶۶\times F_۳)}{۳F_۳+۶F_۳+F_۳}=۶۳/۹\,amu$$

روش دوم (تستی): در فرمول زیر، $P_۲$ و $P_۳$ کسر فراوانی ایزوتوپ‌های با جرم اتمی متوسط و سنگین هستند، بنابراین:

$$\text{جرم اتمی میانگین }X=M_۱+P_۲(M_۲-M_۱)+P_۳(M_۳-M_۱)=۶۳+\frac{۶F_۳}{۱۰F_۳}(۶۴-۶۳)+\frac{F_۳}{۱۰F_۳}(۶۶-۶۳)=۶۳/۹\,amu$$

۱ ۲ **قسمت اول:** ابتدا مقدار n را محاسبه می‌کنیم:

$$?\,molecule\,SF_n=۲/۷g\,SF_n\times\frac{۱mol\,SF_n}{(۳۲+۱۹n)g\,SF_n}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,SF_n}{۱mol\,SF_n}=۱۵/۰۵\times۱۰^{۲۱}molecule\,SF_n\Rightarrow n=۴$$

بنابراین فرمول مولکولی مادهٔ مورد نظر $SF_۴$ بوده و نام آن گوگرد تترافلوئورید است.

قسمت دوم:

$$?\,atom\,F=۲۱۶\times۱۰^{-۳}g\,SF_۴\times\frac{۱mol\,SF_۴}{۱۰۸g\,SF_۴}\times\frac{۶/۰۲\times۱۰^{۲۳}\,molecule\,SF_۴}{۱mol\,SF_۴}\times\frac{۴atom\,F}{۱molecule\,SF_۴}=۴/۸۱۶\times۱۰^{۲۱}atom\,F$$

۱ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است:

$$۴C_۳H_۵(NO_۳)_۳(l)\rightarrow ۱۲CO_۲(g)+۱۰H_۲O(g)+۶N_۲(g)+O_۲(g)$$

در میان گازهای تولید شده در واکنش بالا، فقط گشتاور دوقطبی H_2O مخالف صفر $(\mu\neq۰)$ است، بنابراین با توجه به قانون پایستگی جرم در واکنش‌های شیمیایی، با محاسبهٔ جرم $H_2O(g)$ تولید شده و کم کردن آن از جرم اولیهٔ واکنش‌دهنده، می‌توان جرم فراورده‌های گازی که گشتاور دوقطبی صفر $(\mu=۰)$ دارند را محاسبه نمود:

$$\text{جرم واکنش‌دهندهٔ اولیه }(C_۳H_۵(NO_۳)_۳)=۵۶/۷۵mL\,C_۳H_۵(NO_۳)_۳\times\frac{۱/۶g\,C_۳H_۵(NO_۳)_۳}{۱mL\,C_۳H_۵(NO_۳)_۳}=۹۰/۸g\,C_۳H_۵(NO_۳)_۳$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,H_۲O=۹۰/۸g\,C_۳H_۵(NO_۳)_۳\times\frac{۱mol\,C_۳H_۵(NO_۳)_۳}{۲۲۷g\,C_۳H_۵(NO_۳)_۳}\times\frac{۱۰mol\,H_۲O}{۴mol\,C_۳H_۵(NO_۳)_۳}\times\frac{۱۸g\,H_۲O}{۱mol\,H_۲O}=۱۸g\,H_۲O$$

جرم فراورده‌های با گشتاور دو قطبی صفر $=۹۰/۸-۱۸=۷۲/۸g$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم نیترو گلیسرین مصرفی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم آب تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۹۰/۸}{۴\times۲۲۷}=\frac{x}{۱۰\times۱۸}\Rightarrow x=۱۸g\,H_۲O$$

جرم فراورده‌های با گشتاور دو قطبی صفر $=۹۰/۸-۱۸=۷۲/۸g$

۴ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت زیر است:

$$I)\,Fe_۲O_۳(s)+۶HCl(aq)\rightarrow ۲FeCl_۳(aq)+۳H_۲O(l)\qquad II)\,FeCl_۳(aq)+۳NaOH(aq)\rightarrow Fe(OH)_۳(s)+۳NaCl(aq)$$

مجموع ضرایب استوکیومتری مواد در معادلهٔ (I) برابر ۱۲ و مجموع ضرایب استوکیومتری فراورده‌ها در واکنش (II) برابر ۴ است، بنابراین نسبت این دو عدد برابر $۳(\frac{۱۲}{۴})$ می‌باشد. اکنون جرم $Fe(OH)_۳$ تولید شده را به یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,Fe(OH)_3 = 16\,g\,Fe_2O_3\ \text{ناخالص} \times \frac{80\,g\,Fe_2O_3\ \text{خالص}}{100\,g\,Fe_2O_3\ \text{ناخالص}} \times \frac{1\,mol\,Fe_2O_3}{160\,g\,Fe_2O_3} \times \frac{2\,mol\,FeCl_3}{1\,mol\,Fe_2O_3} \times \frac{1\,mol\,Fe(OH)_3}{1\,mol\,FeCl_3} \times \frac{107\,g\,Fe(OH)_3}{1\,mol\,Fe(OH)_3} \times \underbrace{\frac{75}{100}}_{\text{بازده واکنش}}$$

$$= 12/84\,g\,Fe(OH)_3$$

روش دوم (تناسبی): به منظور محاسبهٔ جرم $Fe(OH)_3$ در یک مرحله، معادلهٔ (II) را در عدد ۲ ضرب می‌کنیم تا ضریب مادهٔ مشترک (یعنی $FeCl_3$) در دو معادله یکسان شود، بنابراین خواهیم داشت: $1\,mol\,Fe_2O_3 \sim 2\,mol\,Fe(OH)_3$

$$\frac{\text{جرم } Fe_2O_3\ \text{ناخالص} \times \frac{P}{100} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } Fe(OH)_3}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{16 \times \frac{80}{100} \times \frac{75}{100}}{1 \times 160} = \frac{x\,g\,Fe(OH)_3}{2 \times 107} \Rightarrow x = 12/84\,g\,Fe(OH)_3$$

۳ ۵ ابتدا جرم کلر موجود در ۲۰۰۰ کیلوگرم محلول ضدعفونی‌کننده که می‌تواند ۷ مرتبه آب استخر را ضدعفونی کند، محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم کلر موجود در محلول ضدعفونی‌کننده} = \text{استخر } ۷ \times \frac{200\,m^3\ \text{آب استخر}}{1} \times \frac{10^6\,mL\ \text{آب}}{1\,m^3\ \text{آب}} \times \frac{1\,g\ \text{آب}}{1\,mL\ \text{آب}} \times \frac{10^{-4}\,g\ \text{کلر}}{100\,g\ \text{آب}} = 1400\,g\ \text{کلر}$$

سپس غلظت ppm محلول ضدعفونی‌کننده را به‌دست می‌آوریم: $\text{غلظت ppm} = \frac{\text{جرم حل‌شونده}}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{1400\,g}{2000 \times 10^3\,g} \times 10^6 = 700\,ppm$

۲ ۶ منظور از هیدروکربن خطی و سیرشده، آلکان است که فرمول عمومی آن به‌صورت C_nH_{2n+2} بوده و در اثر سوختن کامل آن در شرایط STP، گاز کربن دی‌اکسید و آب مایع تولید می‌شود. برای حل این مسئله ابتدا معادلهٔ سوختن کامل آلکان را می‌نویسیم: $C_nH_{2n+2} + (\frac{3n+1}{2})\,O_2 \rightarrow n\,CO_2 + (n+1)\,H_2O$

سپس تعداد اتم‌های کربن (n) را به یکی از روش‌های زیر محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,mL\,CO_2 = 1/16\,g\,C_nH_{2n+2} \times \frac{1\,mol\,C_nH_{2n+2}}{(14n+2)\,g\,C_nH_{2n+2}} \times \frac{n\,mol\,CO_2}{1\,mol\,C_nH_{2n+2}} \times \frac{22400\,mL\,CO_2}{1\,mol\,CO_2} \times \underbrace{\frac{50}{100}}_{\text{بازده واکنش}} = 896\,mL\,CO_2 \Rightarrow n = 4$$

روش دوم (تناسبی):

$$\frac{\text{جرم هیدروکربن} \times \frac{R}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{حجم } CO_2\ \text{برحسب میلی‌لیتر}}{\text{ضریب} \times 22400} \Rightarrow \frac{1/16 \times \frac{50}{100}}{1 \times (14n+2)} = \frac{896}{n \times 22400} \Rightarrow n = 4$$

بنابراین آلکان مورد نظر دارای ۴ اتم کربن است و در میان گزینه‌ها فقط «متیل پروپان» با فرمول C_4H_{10} در مولکول خود دارای چهار اتم کربن می‌باشد.

۴ ۷ با توجه به اینکه در صورت مسئله گفته نشده که محلول اولیه در دمای $90^\circ C$ سیرشده است، بنابراین جرم حل‌شونده و آب موجود در آن را به کمک درصد جرمی محلول محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم آب} = \text{جرم محلول} - \text{جرم حل‌شونده} = 500 - 200 = 300\,g\ \text{آب}, \quad \text{حل‌شونده} = 500\,g\ \text{محلول} \times \frac{40\,g\ \text{حل‌شونده}}{100\,g\ \text{محلول}} = 200\,g\ \text{حل‌شونده}$$

اکنون، جرم آب اضافه شده در دمای $30^\circ C$ را x گرم در نظر گرفته و به کمک انحلال‌پذیری نمک در دمای $30^\circ C$، مقدار x را به‌دست می‌آوریم:

$$30^\circ C: \text{در دمای } 200\,g\ \text{حل‌شونده} \times \frac{100\,g\ \text{آب}}{50\,g\ \text{حل‌شونده}} = (300+x)\,g\ \text{آب} \Rightarrow 400 = 300 + x \Rightarrow x = 100\,g$$

۱ ۸ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش به‌صورت مقابل است: $Al(s) + 3AgNO_3(aq) \rightarrow Al(NO_3)_3(aq) + 3Ag(s)$

با توجه به اینکه پس از ۱۰ دقیقه غلظت محلول نقره نیترات نصف می‌شود، می‌توان نتیجه گرفت که غلظت آن ۰/۱ مول بر لیتر کاهش می‌یابد. بنابراین خواهیم داشت:

$$?\,g\,Al\ (\text{مصرفی}) = 400 \times 10^{-3}\,L\ \text{محلول} \times \frac{0/1\,mol\,AgNO_3}{1\,L\ \text{محلول}} \times \frac{1\,mol\,Al}{3\,mol\,AgNO_3} \times \frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al} = 0/36\,g\,Al\ (\text{مصرفی})$$

$$?\,g\,Ag\ (\text{تولیدی}) = 400 \times 10^{-3}\,L\ \text{محلول} \times \frac{0/1\,mol\,AgNO_3}{1\,L\ \text{محلول}} \times \frac{3\,mol\,Ag}{3\,mol\,AgNO_3} \times \frac{108\,g\,Ag}{1\,mol\,Ag} = 4/32\,g\,Ag\ (\text{تولیدی})$$

پس تا دقیقهٔ ۱۰، $0/36\,g$ اتم آلومینیم از تیغه جداشده و $3/24\,g$ $(4/32 \times \frac{75}{100})$ نقره بر روی تیغه قرار می‌گیرد. جرم آلومینیم باقی مانده در تیغه و جرم نهایی تیغه برابر است با:

$$\text{جرم آلومینیم باقی‌مانده در دقیقهٔ } 10 = 9/12 - 0/36 = 8/76\,g\,Al$$

$$\text{جرم تیغه در دقیقهٔ } 10 = \text{جرم اولیهٔ تیغه} - \text{جرم آلومینیم مصرفی} + \text{جرم نقرهٔ تولیدشده و قرار گرفته بر روی تیغه} = 9/12 - 0/36 + 3/24 = 12\,g$$

اکنون درصد فلز آلومینیم در تیغهٔ باقی‌مانده در ۱۰ دقیقه پس از شروع واکنش را محاسبه می‌کنیم:

$$\%Al = \frac{\text{جرم آلومینیم}}{\text{جرم تیغه}} \times 100 = \frac{8/76}{12} \times 100 = \%73$$

۹ ۴ ابتدا به کمک معادلهٔ دو واکنش زیر، آنتالپی واکنش تجزیهٔ آب اکسیژنه (H_2O_2) را محاسبه می‌کنیم:

$$۱)\ H_2(g)+O_2(g)\rightarrow H_2O_2(l) \qquad \Delta H_1=-۱۸۸kJ$$

$$۲)\ H_2(g)+\frac{۱}{۲}O_2(g)\rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_2=-۲۸۶kJ$$

به این منظور معادلهٔ (۱) را وارونه و معادلهٔ (۲) را بدون تغییر می‌نویسیم:

$$۱)\ H_2O_2(l)\rightarrow H_2(g)+O_2(g) \qquad \Delta H'_1=+۱۸۸kJ$$

$$۲)\ H_2(g)+\frac{۱}{۲}O_2(g)\rightarrow H_2O(l) \qquad \Delta H_2=-۲۸۶kJ$$

$$H_2O_2(l)\rightarrow H_2O(l)+\frac{۱}{۲}O_2(g) \qquad \Delta H=+۱۸۸+(-۲۸۶)=-۹۸kJ$$

قسمت اول: محاسبهٔ گرمای حاصل از تجزیهٔ ۳۴۰ گرم آب اکسیژنه در صورتی‌که بازده واکنش ۸۰٪ است:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,kJ=۳۴۰g\,H_2O_2\times\frac{۱mol\,H_2O_2}{۳۴g\,H_2O_2}\times\frac{۹۸kJ}{۱mol\,H_2O_2}\times\underbrace{\frac{۸۰}{۱۰۰}}_{\text{بازده واکنش}}=۷۸۴kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آب اکسیژنهٔ مصرفی}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{|\Delta H|}\Rightarrow\frac{۳۴۰\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱\times۳۴}=\frac{Q}{۹۸}\Rightarrow Q=۷۸۴kJ$$

قسمت دوم: آنتالپی تصعید یک گرم کربن دی‌اکسید جامد برابر ۱/۲kJ است، بنابراین:

$$?\,mol\,CO_2=۷۸۴kJ\times\frac{۱g\,CO_2}{۱/۲kJ}\times\frac{۱mol\,CO_2}{۴۴g\,CO_2}=۱۴/۸۵mol\,CO_2$$

۱۰ ۳ ابتدا به کمک میانگین آنتالپی پیوندهای داده شده، آنتالپی واکنش سوختن یک مول متان را محاسبه می‌کنیم:

$$CH_4(g)+۲O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+۲H_2O(g)$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=[\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد فراورده}]-[\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش‌دهنده}]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}}=[۴\Delta H(C-H)+۲\Delta H(O=O)]-[۲\Delta H(C=O)+۴\Delta H(O-H)]$$

سپس گرمای لازم برای افزایش دمای ۲ کیلوگرم آب را از دمای $۶۰^\circ C$ به دمای $۱۰۰^\circ C$ محاسبه می‌کنیم:

$$Q=mc\Delta\theta=۲\times۱۰^۳\times۴/۲\times(۱۰۰-۶۰)=۳۳۶۰۰۰J=۳۳۶kJ$$

اکنون جرمی از متان که باید بسوزد را به یکی از دو روش زیر به‌دست می‌آوریم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CH_4=۳۳۶kJ\times\frac{۱۰۰}{۸۴}\times\frac{۱mol\,CH_4}{۸۰۰kJ}\times\frac{۱۶g\,CH_4}{۱mol\,CH_4}=۸g\,CH_4$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم متان}\times\frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{Q}{\Delta H}\Rightarrow\frac{x\times\frac{۸۴}{۱۰۰}}{۱\times۱۶}=\frac{۳۶۶}{۸۰۰}\Rightarrow x=۸g\,CH_4$$

۱۱ ۳ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش سوختن کامل هیدروکربن‌ها به‌صورت مقابل است:

$$C_xH_y+(x+\frac{y}{۴})O_2\rightarrow x\,CO_2+\frac{y}{۲}H_2O$$

ابتدا از جرم کربن دی‌اکسید و آب تولید شده، فرمول هیدروکربن مورد نظر سؤال را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,mol\,C=۵۲/۸g\,CO_2\times\frac{۱mol\,CO_2}{۴۴g\,CO_2}\times\frac{۱mol\,C}{۱mol\,CO_2}=۱/۲mol\,C,\quad ?\,mol\,H=۳۲/۴g\,H_2O\times\frac{۱mol\,H_2O}{۱۸g\,H_2O}\times\frac{۲mol\,H}{۱mol\,H_2O}=۳/۶mol\,H$$

با توجه به اینکه نسبت مول C به H در هیدروکربن مورد نظر برابر ۳ $(\frac{۳/۶}{۱/۲})$ است و در هیدروکربن‌ها تعداد اتم‌های هیدروژن زوج است، می‌توان نتیجه گرفت که هیدروکربن مورد نظر اتان (C_2H_6) می‌باشد. حال معادلهٔ موازنه شدهٔ سوختن کامل اتان را نوشته و سرعت متوسط مصرف گاز O_2 را محاسبه می‌کنیم:

$$۲C_2H_6(g)+۷O_2(g)\rightarrow ۴CO_2(g)+۶H_2O(g)$$

$$\left.\begin{array}{l}\Delta t=۲۰s=\frac{۱}{۳}min\\ (\Delta n(O_2))\ \text{مقدار مول}\ O_2\ \text{مصرفی}=۱۸g\,C_2H_6\times\frac{۱mol\,C_2H_6}{۳۰g\,C_2H_6}\times\frac{۷mol\,O_2}{۲mol\,C_2H_6}=۲/۱mol\,O_2\end{array}\right\}\Rightarrow\bar{R}(O_2)=\frac{|\Delta n(O_2)|}{\Delta t}=\frac{۲/۱mol}{\frac{۱}{۳}min}=۶/۳mol.\,min^{-۱}$$

۱۲ ۳ فرمول مولکولی الکل را $C_nH_{۲n+۱}OH$ در نظر گرفته و معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش را می‌نویسیم:

$$\underset{\text{کربوکسیلیک اسید}}{C_۴H_۸O_۲}+\underset{\text{الکل}}{C_nH_{۲n+۱}OH}\rightarrow\underset{\text{استر}}{C_{۴+n}H_{۸+۲n}O_۲}+\underset{\text{آب}}{H_2O}$$

از جرم کربوکسیلیک اسید مصرفی و استر تولیدی، n را محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$۱۷/۶g\,C_۴H_۸O_۲(\text{ناخالص})\times\frac{۸۰g\,C_۴H_۸O_۲(\text{خالص})}{۱۰۰g\,C_۴H_۸O_۲(\text{ناخالص})}\times\frac{۱mol\,C_۴H_۸O_۲}{۸۸g\,C_۴H_۸O_۲}\times\frac{۱mol\ \text{الکل}}{۱mol\,C_۴H_۸O_۲}\times\frac{(۱۴n+۸۸)g\ \text{استر}}{۱mol\ \text{استر}}=۱۶/۳۲g\ \text{استر}\Rightarrow n=۱$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم کربوکسیلیک اسید ناخالص}\times\frac{P}{۱۰۰}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم استر تولیدی}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۱۷/۶\times\frac{۸۰}{۱۰۰}}{۱\times۸۸}=\frac{۱۶/۳۲}{۱\times(۱۴n+۸۸)}\Rightarrow n=۱$$

پس الکل مورد نظر $CH_۳OH$ است و جرم مولی آن برابر $۳۲g.mol^{-۱}$ می‌باشد. فرمول ساده‌ترین دی‌اسید آلی به‌صورت مقابل

$$HO-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH$$

بوده و جرم مولی آن برابر $۹۰g.mol^{-۱}$ بوده و تفاوت جرم مولی آن با $CH_۳OH$ برابر $۵۸g.mol^{-۱}$ $(۹۰-۳۲)$ است.

۱۳ ۱ pH آب خالص در دمای اتاق برابر ۷ است، پس pH محلول اسیدی حاصل در دمای اتاق برابر ۱/۴ $(۷-۵/۶)$ می‌باشد. برای حل مسئله ابتدا غلظت H^+ را در محلول اسیدی محاسبه می‌کنیم:

$$[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱/۴}=۱۰^{-۲+۰/۶}=۱۰^{-۲}\times(۱۰^{۰/۳})^۲=۱۰^{-۲}\times۲^۲=۰/۰۴mol.L^{-۱}$$

سپس به کمک رابطهٔ زیر، درجه یونش و سپس غلظت اولیهٔ اسید را به‌دست می‌آوریم:

$$K_a=\frac{M\alpha^۲}{۱-\alpha}\xrightarrow{[H^+]=M\alpha}K_a=\frac{[H^+]\alpha}{۱-\alpha}\Rightarrow۰/۰۰۵=\frac{۰/۰۴\alpha}{۱-\alpha}\Rightarrow۰/۰۴\alpha=۰/۰۰۵-۰/۰۰۵\alpha\Rightarrow۰/۰۴۵\alpha=۰/۰۰۵\Rightarrow\alpha=\frac{۱}{۹}$$

$$[H^+]=M\alpha\Rightarrow M=\frac{[H^+]}{\alpha}=\frac{۰/۰۴}{\frac{۱}{۹}}=۰/۳۶mol.L^{-۱}$$

حال به کمک غلظت اولیه و حجم محلول، جرم دی‌فلوئورو اتانوئیک اسید $(CHF_۲COOH)$ حل‌شده در آب را محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?g\ \text{اسید}=۲۵۰\times۱۰^{-۳}L\ \text{محلول}\times\frac{۰/۳۶mol\ \text{اسید}}{۱L\ \text{محلول}}\times\frac{۹۶g\ \text{اسید}}{۱mol\ \text{اسید}}=۸/۶۴g\ \text{اسید}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی}\times\text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم اسید}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{۰/۲۵\times۰/۳۶}{۱}=\frac{x}{۱\times۹۶}\Rightarrow x=۸/۶۴g\ \text{اسید}$$

۱۴ ۴ ابتدا مقدار مول $H_۲SO_۴$ حاصل از سوختن یک کیلوگرم از سوخت را محاسبه می‌کنیم:

$$?mol\,H_۲SO_۴=۱kg\ \text{سوخت}\times\frac{۱۰^۳g\ \text{سوخت}}{۱kg\ \text{سوخت}}\times\frac{۶۴۰۰g\,S}{۱۰^۶g\ \text{سوخت}}\times\frac{۱mol\,S}{۳۲g\,S}\times\frac{۱mol\,SO_۲}{۱mol\,S}\times\frac{۱mol\,SO_۳}{۱mol\,SO_۲}\times\frac{۱mol\,H_۲SO_۴}{۱mol\,SO_۳}=۰/۲mol\,H_۲SO_۴$$

سپس با توجه به pH محلول، غلظت H^+ حاصل از یونش مرحلهٔ اول $H_۲SO_۴$ را به‌دست می‌آوریم:

$$pH=۱\Rightarrow[H^+]=۱۰^{-pH}=۱۰^{-۱}mol.L^{-۱}$$

حال با توجه به اینکه یونش مرحلهٔ اول $H_۲SO_۴$ کامل است $(\alpha_۱=۱)$، می‌توان حجم محلول اسید را محاسبه کرد: (حجم محلول را V لیتر در نظر بگیرید.)

$$[H^+]=Mn\alpha\xrightarrow{n=۲,\alpha=۱}۱۰^{-۱}=\frac{۰/۲}{V}\times۲\times۱\Rightarrow V=۲L$$

$$M=\frac{۰/۲mol}{V\,L}=\frac{۰/۲}{V}mol.L^{-۱}$$

۱۵ ۲ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها به‌صورت مقابل است:

$$Mg(s)+\frac{۱}{۲}O_۲(g)\rightarrow MgO(s)\sim۲e^-,\quad Na(s)+\frac{۱}{۲}Cl_۲(g)\rightarrow NaCl(s)\sim۱e^-$$

حال جرم MgO را به یکی از دو روش زیر محاسبه می‌کنیم:

روش اول (کسر تبدیل):

$$?g\,MgO=۱۱/۷g\,NaCl\times\frac{۱mol\,NaCl}{۵۸/۵g\,NaCl}\times\frac{۱mol\,e}{۱mol\,NaCl}\times\frac{۱mol\,MgO}{۲mol\,e}\times\frac{۴۰g\,MgO}{۱mol\,MgO}=۴g\,MgO$$

روش دوم (تناسب): با توجه به معادله‌های موازنه شده، می‌توان دریافت که به‌ازای مبادلهٔ ۲ مول الکترون میان گونه‌ها در هر واکنش، یک مول MgO و دو مول NaCl تولید می‌شود؛ پس خواهیم داشت:

$$۱mol\,MgO\sim۲mol\,NaCl$$

$$\frac{\text{جرم MgO}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}=\frac{\text{جرم NaCl}}{\text{ضریب}\times\text{جرم مولی}}\Rightarrow\frac{x\,g\,MgO}{۱\times۴۰}=\frac{۱۱/۷}{۲\times۵۸/۵}\Rightarrow x=۴g\,MgO$$

۱۶ ۲ معادلهٔ نیم‌واکنش‌ها در سلول گالوانی «آلومینیم – نقره» به‌صورت زیر است:

$$\text{نیم‌واکنش اکسایش: }Al(s)\rightarrow Al^{۳+}(aq)+۳e^-$$

$$\text{نیم‌واکنش کاهش: }۳Ag^+(aq)+۳e^-\rightarrow۳Ag(s)$$

$$\text{واکنش کلی: }Al(s)+۳Ag^+(aq)\rightarrow Al^{۳+}(aq)+۳Ag(s)$$

با توجه به اطلاعات مسئله، جرم اولیهٔ آند (Al) و کاتد (Ag) به‌ترتیب برابر ۱۱/۷g و ۵/۴g است و طی واکنش از جرم آند کاسته شده و به جرم کاتد اضافه می‌شود و از غلظت کاتیون‌های Ag^+ موجود در الکترولیت نیم‌سلول کاتدی کاسته می‌شود، بنابراین جرم نقرهٔ تولید شده (افزایش جرم کاتد) را x گرم در نظر می‌گیریم و با توجه به آن جرم آلومینیم مصرفی (کاهش جرم آند) را محاسبه می‌کنیم.

$$\text{کاهش جرم تیغهٔ آلومینیمی (آند)} = x\,g\,Ag \times \frac{1\,mol\,Ag}{108\,g\,Ag} \times \frac{1\,mol\,Al}{3\,mol\,Ag} \times \frac{27\,g\,Al}{1\,mol\,Al} = \frac{x}{12}\,g\,Al$$

$$\begin{cases} \text{جرم ثانویهٔ تیغهٔ نقره (کاتد)} = (5/4+x)g \\ \text{جرم ثانویهٔ تیغهٔ آلومینیم (آند)} = (11/7-\frac{x}{12})g \end{cases} \Rightarrow \text{تفاوت جرم تیغه‌ها (ثانویه)} = (5/4+x)-(11/7-\frac{x}{12}) = 5/4 \Rightarrow x = 10/8$$

افزایش ۱۰/۸ گرمی جرم کاتد (نقره) به‌دلیل خروج یون‌های Ag^+ از الکترولیت نیم‌سلول کاتدی است، بنابراین می‌توان تغییرات ppm کاتیون Ag^+ را در محلول الکترولیت آن محاسبه نمود:

$$\text{جرم الکترولیت نیم‌سلول کاتدی} = 5L\ \text{محلول} \times \frac{10^3\,mL\ \text{محلول}}{1\,L\ \text{محلول}} \times \frac{1/2g\ \text{محلول}}{1\,mL\ \text{محلول}} = 6000g\ \text{محلول}$$

$$\text{تغییر غلظت ppm یون } Ag^+ = \frac{\text{کاهش جرم } Ag^+}{\text{جرم محلول}} \times 10^6 = \frac{10/8g}{6000g} \times 10^6 = 1800ppm$$

۱۷ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$Zn(s)+2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq)+H_2(g)$$

ابتدا غلظت H^+ را در محلول هیدروکلریک اسید در آغاز و انتهای واکنش محاسبه می‌کنیم و به کمک تغییرات آن به خواستهٔ مسئله می‌رسیم:

$$\text{آغاز واکنش: } pH=1/1 \Rightarrow M_1=[H^+]=10^{-1/1}=10^{-2+0/9}=10^{-2}\times(10^{0/3})^3=2^3\times10^{-2}=8\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

$$\text{پایان واکنش: } pH=1/7 \Rightarrow M_2=[H^+]=10^{-1/7}=10^{-2+0/3}=10^{-2}\times10^{0/3}=2\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

طی واکنش غلظت هیدروکلریک اسید (HCl) به اندازهٔ $6\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$ $(8\times10^{-2}-2\times10^{-2})$ کاهش یافته است. با توجه به معادلهٔ واکنش به‌ازای مصرف ۲ مول HCl، ۲ مول الکترون مبادله شده و یک مول گاز هیدروژن تولید می‌شود. **قسمت اول:**

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,e = 200\times10^{-3}\,L\ \text{محلول} \times \frac{6\times10^{-2}\,mol\,HCl}{1\,L\ \text{محلول}} \times \frac{2\,mol\,e^-}{2\,mol\,HCl} \times \frac{6/02\times10^{23}\,e^-}{1\,mol\,e^-} = 7/224\times10^{21}\,e^-$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول}}{\text{ضریب}} = \frac{\text{شمار الکترون‌های مبادله شده}}{\text{ضریب} \times N_A} \Rightarrow \frac{0/2\times6\times10^{-2}}{2} = \frac{x}{2\times6/02\times10^{23}} \Rightarrow x \simeq 7/2\times10^{21}\,e^-$$

قسمت دوم: ابتدا مقدار مول گاز H_2 تولید شده را محاسبه می‌کنیم؛

$$?\,mol\,H_2 = 200\times10^{-3}\,L\ \text{محلول} \times \frac{6\times10^{-2}\,mol\,HCl}{1\,L\ \text{محلول}} \times \frac{1\,mol\,H_2}{2\,mol\,HCl} = 6\times10^{-3}\,mol\,H_2$$

سپس سرعت متوسط تولید H_2 را بر حسب $mol.L^{-1}.min^{-1}$ محاسبه می‌کنیم. حجمی که گاز H_2 تولیدی اشغال می‌کند، ۰/۳ لیتر است.

$$\text{حجم گاز } H_2 = \text{حجم ظرف} - \text{حجم محلول} = 0/5L-0/2L=0/3L, \quad \bar{R}(H_2)=\frac{\Delta n(H_2)}{V_{\text{ظرف}}\times\Delta t}=\frac{6\times10^{-3}\,mol}{0/3L\times0/5\,min}=0/04\,mol.L^{-1}.min^{-1}$$

۱۸ ۱ ابتدا به کمک جدول تغییر غلظت و رابطهٔ ثابت تعادل، غلظت‌های تعادلی گونه‌های شرکت‌کننده را محاسبه می‌کنیم:

$$CO(g)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$$

غلظت اولیه	۲	۲	۰	۰
تغییر غلظت	$-x$	$-x$	$+x$	$+x$
غلظت تعادلی ۱	$2-x$	$2-x$	x	x

$$[CO]=[H_2O]=\frac{n}{V}=\frac{2mol}{1L}=2\,mol.L^{-1}$$

$$K_1=\frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 9=\frac{(x)(x)}{(2-x)(2-x)} \xrightarrow{\text{جذر}} 3=\frac{x}{2-x} \Rightarrow x=1/5$$

حال با توجه به قانون لوشاتلیه با خروج فراورده از ظرف واکنش، تعادل در جهت رفت (راست) جابه‌جا می‌شود ولی تغییر حجم ظرف تعادل سبب جابه‌جایی تعادل نمی‌شود؛ زیرا تعداد مول گاز در دو طرف معادله یکسان است. همچنین حواسمان باشد که با $\frac{1}{4}$ برابر شدن حجم سامانهٔ تعادلی، غلظت گونه‌ها ۴ برابر می‌شود. برای ادامه حل تست، یک جدول تغییر غلظت جدید برای لحظهٔ خروج $\frac{1}{3}$ فراورده‌ها تا رسیدن به تعادل جدید تشکیل می‌دهیم:

$$CO(g)+H_2O(g) \rightleftharpoons CO_2(g)+H_2(g)$$

غلظت اولیه	۲	۲	۴	۴
تغییر غلظت	$-y$	$-y$	$+y$	$+y$
غلظت تعادلی ۲	$2-y$	$2-y$	$4+y$	$4+y$

$$[CO]_{\text{اولیه}}=[H_2O]_{\text{اولیه}}=\frac{2-1/5}{0/25}=2\,mol.L^{-1}$$

$$[CO_2]_{\text{اولیه}}=[H_2]_{\text{اولیه}}=\frac{1/5-\frac{1}{3}(1/5)}{0/25}=4\,mol.L^{-1}$$

سپس با توجه به ثابت بودن ثابت تعادل در دمای ثابت، غلظت CO_2 را در تعادل جدید محاسبه می‌کنیم:

$$K_2=\frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 9=\frac{(4+y)(4+y)}{(2-y)(2-y)} \xrightarrow{\text{جذر}} 3=\frac{4+y}{2-y} \Rightarrow 4+y=6-3y \Rightarrow 4y=2 \Rightarrow y=0/5$$

$$\text{غلظت } CO_2 \text{ در تعادل جدید} = 4+y=4+0/5=4/5\,mol.L^{-1}$$

۱۹ ۲ ابتدا انرژی فعال‌سازی واکنش را در جهت رفت و برگشت و در حضور و عدم حضور کاتالیزگر محاسبه می‌کنیم. (انرژی فعال‌سازی در عدم حضور کاتالیزگر را با E_a و در حضور کاتالیزگر را با E'_a نمایش می‌دهیم.) به‌دست آوردن رابطهٔ میان E_a (رفت) و E_a (برگشت):

$$\begin{cases}\frac{۸۰}{۱۰۰}E_a(\text{رفت})=E'_a(\text{رفت})\\ \frac{۶۰}{۱۰۰}E_a(\text{برگشت})=E'_a(\text{برگشت})\end{cases}\xrightarrow[\Delta H=E'_a(\text{رفت})-E'_a(\text{برگشت})]{\Delta H=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})}E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})=۰/۸E_a(\text{رفت})-۰/۶E_a(\text{برگشت})\Rightarrow E_a(\text{رفت})=۲E_a(\text{برگشت})$$

محاسبهٔ E_a (رفت) و E_a (برگشت):

$$\Delta H=E_a(\text{رفت})-E_a(\text{برگشت})\Rightarrow ۲۰۰=۲E_a(\text{برگشت})-E_a(\text{برگشت})\Rightarrow E_a(\text{برگشت})=۲۰۰\text{kJ}$$

$$\Rightarrow E_a(\text{رفت})=۴۰۰\text{kJ}$$

محاسبهٔ E'_a (رفت) و E'_a (برگشت):

$$E'_a(\text{رفت})=\frac{۸۰}{۱۰۰}\times E_a(\text{رفت})=\frac{۸۰}{۱۰۰}\times ۴۰۰=۳۲۰\text{kJ},\quad E'_a(\text{برگشت})=\frac{۶۰}{۱۰۰}\times E_a(\text{برگشت})=\frac{۶۰}{۱۰۰}\times ۲۰۰=۱۲۰\text{kJ}$$

اکنون به بررسی عبارت هر یک از گزینه‌ها می‌پردازیم:

گزینهٔ (۱):

$$\begin{cases}E'_a(\text{رفت})=۳۲۰\text{kJ}\\ E'_a(\text{برگشت})=۱۲۰\text{kJ}\end{cases}\Rightarrow \text{مجموع}=۳۲۰+۱۲۰=۴۴۰\text{kJ}$$

$$\begin{cases}E_a(\text{رفت})=۴۰۰\text{kJ}\\ E_a(\text{برگشت})=۲۰۰\text{kJ}\end{cases}\Rightarrow \text{مجموع}=۴۰۰+۲۰۰=۶۰۰\text{kJ}$$

$$\Rightarrow \text{اختلاف}=۶۰۰-۴۴۰=۱۶۰\text{kJ}$$

گزینهٔ (۲):

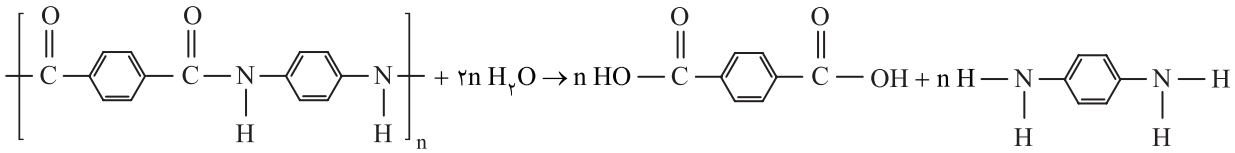
$$\begin{cases}E'_a(\text{برگشت})=۱۲۰\text{kJ}\\ E_a(\text{رفت})=۴۰۰\text{kJ}\end{cases}\Rightarrow \frac{E'_a(\text{برگشت})}{E_a(\text{رفت})}\times ۱۰۰=\frac{۱۲۰}{۴۰۰}\times ۱۰۰=٪۳۰$$

گزینهٔ (۳):

$$E_a(\text{رفت})-E'_a(\text{رفت})=۴۰۰-۳۲۰=۸۰\text{kJ}$$

گزینهٔ (۴): انرژی فعال‌سازی واکنش برگشت در غیاب کاتالیزگر برابر ۲۰۰kJ است و ΔH واکنش نیز در حضور و غیاب کاتالیزگر ثابت بوده و برابر ۲۰۰kJ می‌باشد.

۲۰ ۳ در اثر آبکافت پلی‌آمیدها، دی‌اسید و دی‌آمین تولید می‌شود:



معادلهٔ شیمیایی بالا را می‌توان به‌صورت مقابل نوشت:

$$\text{(}C_{۱۴}H_{۱۰}O_۲N_۲\text{)}+۲n\,H_۲O\rightarrow n\,C_۸H_۶O_۴+n\,C_۶H_۸N_۲$$

همان‌طور که مشاهده می‌کنید، در این واکنش به‌ازای آبکافت یک مول پلی‌آمید داده شده، n مول $C_۸H_۶O_۴$ که ۱۶۶n گرم جرم دارد و n مول $C_۶H_۸N_۲$ که ۱۰۸n گرم جرم دارد تولید می‌شود که تفاوت جرم فراورده‌های حاصل برابر $(۱۶۶n-۱۰۸n)\,۵۸n$ است، پس خواهیم داشت:

$$\text{اختلاف جرم}=۱۰۴۴\text{g}\times\frac{۶۰}{۱۰۰}\times\frac{(۵۸n)\text{g اختلاف جرم}}{۱\text{mol پلی‌آمید}}\times\frac{۱\text{mol پلی‌آمید}}{(۲۳۸n)\text{g پلی‌آمید}}\times ۱۰^{-۳}\text{g پلی‌آمید}=۷/۱۴\times ۱۰^{-۳}\text{g اختلاف جرم}\quad ?\text{g}$$

بازده واکنش

فصل یازدهم: آزمون جامع ۶

۱ ۲ ابتدا جرم اتمی میانگین لیتیم و کلر را محاسبه می‌کنیم:

محاسبهٔ جرم اتمی میانگین لیتیم: یک نمونهٔ طبیعی عنصر لیتیم شامل ^۶Li و ^۷Li است که جرم اتمی آن‌ها تقریباً برابر ۶amu و ۷amu است.

$$\text{جرم اتمی میانگین لیتیم}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{F_۱+F_۲}=\frac{(۶\times ۱)+(۷\times ۴)}{۱+۴}=۶/۸\text{amu}$$

محاسبهٔ جرم اتمی میانگین کلر: یک نمونهٔ طبیعی عنصر کلر شامل ^{۳۵}Cl و ^{۳۷}Cl است که جرم اتمی آن‌ها تقریباً برابر ۳۵amu و ۳۷amu است.

$$\text{جرم اتمی میانگین کلر}=\frac{M_۱F_۱+M_۲F_۲}{F_۱+F_۲}=\frac{(۳۵\times ۳)+(۳۷\times ۱)}{۳+۱}=۳۵/۵\text{amu}$$

سپس جرم نمونه‌های لیتیم و کلر را محاسبه کرده و اختلاف آن‌ها را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,\text{g Li}=۱/۵۰۵\times ۱۰^{۲۲}\,\text{atom Li}\times\frac{۱\,\text{mol Li}}{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}\,\text{atom Li}}\times\frac{۶/۸\,\text{g Li}}{۱\,\text{mol Li}}=۰/۱۷\,\text{g Li}$$

$$?\,\text{g Cl}_۲=۶/۰۲\times ۱۰^{۲۲}\,\text{atom Cl}\times\frac{۱\,\text{mol Cl}}{۶/۰۲\times ۱۰^{۲۳}\,\text{atom Cl}}\times\frac{۱\,\text{mol Cl}_۲}{۲\,\text{mol Cl}}\times\frac{۷۱\,\text{g Cl}_۲}{۱\,\text{mol Cl}_۲}=۳/۵۵\,\text{g Cl}_۲$$

$$\text{اختلاف جرم نمونه‌های لیتیم و کلر}=۳/۵۵-۰/۱۷=۳/۳۸\text{g}$$

۲ ۴ منظور از هیدروکربن خطی سیرشده، آلکان است که فرمول عمومی آن به‌صورت C_nH_{2n+2} می‌باشد. ابتدا به کمک اطلاعات مسئله شمار اتم‌های کربن موجود در یک مولکول آلکان را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{۰/۳g آلکان} \times \frac{\text{۱mol آلکان}}{(14n+2)\text{g آلکان}} \times \frac{6/02\times10^{23}\,\text{molecule}}{\text{۱mol آلکان}} \times \frac{(3n+2)\text{atom}}{\text{۱molecule}} = 4/816\times10^{22}\,\text{atom} \Rightarrow n=2$$

آلکان مورد نظر اتان (C_2H_6) است. محاسبهٔ چگالی اتان در شرایط STP :

$$\text{چگالی گاز} = \frac{\text{جرم مولی}}{\text{حجم مولی}} = \frac{30\,g.mol^{-1}}{22/4\,L.mol^{-1}} \simeq 1/34\,g.L^{-1}$$

محاسبهٔ حجم هوای لازم برای سوختن کامل ۰/۳ گرم اتان: (حدود $\frac{1}{5}$ حجم هوا را گاز اکسیژن تشکیل می‌دهد.)

$$2C_2H_6(g)+7O_2(g)\rightarrow 4CO_2(g)+6H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,L\ \text{هوا} = 0/3\,g\,C_2H_6 \times \frac{1\,mol\,C_2H_6}{30\,g\,C_2H_6} \times \frac{7\,mol\,O_2}{2\,mol\,C_2H_6} \times \frac{22/4\,L\,O_2}{1\,mol\,O_2} \times \frac{5\,L\ \text{هوا}}{1\,L\,O_2} = 3/92\,L\ \text{هوا}$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم اتان}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\frac{1}{5}\times\text{حجم هوا}}{\text{ضریب} \times \text{حجم مولی}} \Rightarrow \frac{0/3}{2\times30} = \frac{x\times\frac{1}{5}}{7\times22/4} \Rightarrow x = 3/92\,L\ \text{هوا}$$

۳ ۱ برای حل سؤال، جرم کلسیم کربنات $(CaCO_3)$ را x گرم و جرم پروپان (C_3H_8) را $5x$ گرم در نظر می‌گیریم و سپس تعداد اتم‌های کربن موجود در هر ماده را محاسبه کرده و با توجه به اختلاف تعداد اتم‌های کربن در این دو ترکیب جرم پروپان و کلسیم کربنات را به‌دست می‌آوریم:

$$?\,atom(\text{در پروپان}) = 5x\,g\,C_3H_8 \times \frac{1\,mol\,C_3H_8}{44\,g\,C_3H_8} \times \frac{N_A\,molecule}{1\,mol\,C_3H_8} \times \frac{3\,atom\,C}{1\,molecule} = \frac{15x}{44}\,N_A\,atom\,C$$

$$?\,atom\,(\text{در کلسیم کربنات}) = x\,g\,CaCO_3 \times \frac{1\,mol\,CaCO_3}{100\,g\,CaCO_3} \times \frac{N_A\,CaCO_3}{1\,mol\,CaCO_3} \times \frac{1\,atom\,C}{1\,CaCO_3} = \frac{x}{100}\,N_A\,atom\,C$$

$$\text{اختلاف تعداد اتم‌های کربن} = \frac{15x}{44}N_A - \frac{x}{100}N_A = 0/91\,N_A \Rightarrow \frac{91x}{275}N_A = 0/91\,N_A \Rightarrow x = 2/75$$

بنابراین جرم پروپان و کلسیم کربنات به ترتیب برابر $13/75g\,(5\times2/75)$ و $2/75g$ است، پس جرم نمونهٔ مخلوط برابر ۱۶/۵ گرم است.

۳ ۴ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش‌ها: ۱) $2NaHCO_3(s)\rightarrow Na_2CO_3(s)+CO_2(g)+H_2O(g)$ ۲) $Na_2CO_3(s)\rightarrow Na_2O(s)+CO_2(g)$

در این فرایند گازهای CO_2 و H_2O تولید می‌شود که فقط مولکول‌های گاز CO_2 ناقطبی هستند. برای حل این مسئله جرم سدیم هیدروژن کربنات را m گرم و بازدهٔ واکنش ۲ را R_2 در نظر می‌گیریم و جرم CO_2 حاصل از دو واکنش را محاسبه می‌کنیم:

کربن دی‌اکسید حاصل از واکنش اول:

$$?\,g\,CO_2((1)\ \text{واکنش}) = m\,g\,NaHCO_3 \times \frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3} \times \frac{1\,mol\,CO_2}{2\,mol\,NaHCO_3} \times \frac{50}{100} = \frac{m}{336}\,g\,CO_2$$

بازده واکنش (۱)

کربن دی‌اکسید حاصل از واکنش دوم:

$$?\,g\,CO_2((2)\ \text{واکنش}) = mg\,NaHCO_3 \times \frac{1\,mol\,NaHCO_3}{84\,g\,NaHCO_3} \times \frac{1\,mol\,Na_2CO_3}{2\,mol\,NaHCO_3} \times \frac{1\,mol\,CO_2}{1\,mol\,Na_2CO_3} \times \underbrace{\frac{50}{100}}_{\text{بازده واکنش (۱)}} \times \underbrace{\frac{R_2}{100}}_{\text{بازده واکنش (۲)}} = \frac{10^{-2}mR_2}{336}\,g\,CO_2$$

اکنون مجموع جرم CO_2 حاصل از دو واکنش را برابر ۰/۲ گرم قرار داده و رابطهٔ میان m و R_2 را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{مجموع جرم } CO_2 \text{ حاصل} = \frac{m}{336} + \frac{10^{-2}mR_2}{336} = 0/2 \Rightarrow \frac{m}{336}(1-10^{-2}R_2) = 0/2 \Rightarrow m(1-10^{-2}R_2) = 67/2$$

با توجه به اعداد ارائه شده در گزینه‌ها، اگر $m=168$ باشد، R_2 برابر ۶۰٪ است.

۳ ۵ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$2NH_3+3O_2+2CH_4\rightarrow 2HCN+6H_2O$$

برای حل مسئله از جدول تغییر مول استفاده می‌کنیم:

	$2NH_3+3O_2+2CH_4\rightarrow2HCN+6H_2O$				
مول اولیه	۸	۸	۸	۰	۰
تغییر مول	$-2x$	$-3x$	$-2x$	$+2x$	$+6x$
مول ثانویه	$8-2x$	$8-3x$	$8-2x$	$2x$	$6x$

سپس با توجه به افزایش تعداد مول موجود در ظرف واکنش، مول ثانویهٔ هر ماده را به‌دست آورده و به خواسته‌های مسئله می‌رسیم:

$$\text{تعداد مول اولیه} = 3\times8 = 24\,mol$$

$$\text{تعداد مول ثانویه} = (8-2x)+(8-3x)+(8-2x)+2x+6x = (24+x)\,mol$$

$$\text{افزایش تعداد مول٪} = \frac{n_2-n_1}{n_1}\times100 \Rightarrow 6/25 = \frac{(24+x)-24}{24}\times100 \Rightarrow x = 1/5$$

محاسبهٔ سرعت متوسط واکنش:

$$\Delta t = ۲\,min = ۱۲۰s,\quad \bar{R}(HCN) = \frac{\Delta n(HCN)}{\Delta t} = \frac{۲x}{\Delta t} = \frac{(۲\times ۱/۵)mol}{۱۲۰s} = ۲/۵\times ۱۰^{-۲}\,mol.s^{-۱}$$

$$\bar{R}\ (\text{واکنش}) = \frac{\bar{R}(HCN)}{\text{ضریب}} = \frac{۲/۵\times ۱۰^{-۲}}{۲} = ۱/۲۵\times ۱۰^{-۲}\,mol.s^{-۱}$$

محاسبهٔ درصد پیشرفت: تعداد مول اولیهٔ هر یک از واکنش‌دهنده‌ها برابر ۸ است، ولی ضریب استوکیومتری $O_۲$ از دو واکنش‌دهندهٔ دیگر بیش‌تر است، پس $O_۲$ زودتر از دو مادهٔ دیگر تمام می‌شود. پس درصد پیشرفت واکنش را براساس مقدار این ماده باید محاسبه کرد: میزان مصرف $O_۲$ در دو دقیقه $= ۳x = ۳\times ۱/۵ = ۴/۵mol$

$$\text{درصد پیشرفت واکنش} = \frac{\text{مقدار مصرفی } O_۲}{\text{مقدار اولیهٔ } O_۲}\times ۱۰۰ = \frac{۴/۵}{۸}\times ۱۰۰ \simeq ٪۵۶/۲۵ \quad ,\quad \text{میزان مول کل } O_۲ \text{ در دسترس} = ۸mol$$

۶ ۴ ابتدا از چگالی گاز نیتروژن، حجم مولی گاز نیتروژن را در شرایط واکنش محاسبه می‌کنیم:

$$N_۲ \text{ چگالی} = \frac{N_۲ \text{ جرم مولی}}{N_۲ \text{ حجم مولی}} \Rightarrow ۱/۰۴ = \frac{۲۸}{V_n} \Rightarrow V_n \simeq ۲۷L.mol^{-۱}$$

با توجه به اینکه در شرایط یکسان، حجم مولی گازها با هم برابر است، پس در شرایط واکنش، حجم مولی همهٔ گازها برابر $۲۷L.mol^{-۱}$ می‌باشد. حال با توجه به اطلاعات مسئله، به خواستهٔ مسئله می‌رسیم: معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش:

$$۴KNO_۳(s) \rightarrow ۲K_۲O(s) + ۲N_۲(g) + ۵O_۲(g)$$

با توجه به معادلهٔ واکنش، در صورتی که بازده واکنش ۱۰۰٪ باشد، به‌ازای مصرف ۴ مول $KNO_۳$، ۲ مول گاز $N_۲$ که ۵۶ گرم جرم دارد و ۵ مول $O_۲$ که ۱۶۰ گرم جرم دارد تولید می‌شود که اختلاف جرم گازهای تولید شده برابر $۱۰۴g\ (۵۶-۱۶۰)$ است، بنابراین خواهیم داشت:

روش اول (کسر تبدیل):

$$\text{گاز تولیدی } ۱۱۸/۱L \simeq \frac{\text{گاز } ۲۷L}{\text{گاز } ۱mol} \times \frac{\text{گاز } ۷mol}{\text{(اختلاف جرم گازها) } ۱۰۴g} \times \text{(اختلاف جرم گازها)} ۶۵g = \text{گازها } ?\,L$$

$$?\,g\,KNO_۳ = ۶۵g\,\text{(اختلاف جرم گازها)} \times \frac{۴mol\,KNO_۳}{\text{(اختلاف جرم گازها) } ۱۰۴g} \times \frac{۱۰۱g\,KNO_۳}{۱mol\,KNO_۳} \times \underbrace{\frac{۱۰۰}{۶۰}}_{\text{بازده واکنش}} \simeq ۴۲۱g\,KNO_۳$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } KNO_۳ \text{ مصرفی} \times \frac{R}{۱۰۰}}{\text{جرم مولی} \times \text{ضریب}} = \frac{\text{مجموع حجم گازهای تولیدی}}{\text{حجم مولی} \times \text{مجموع ضرایب مواد گازی}} = \frac{\text{اختلاف جرم گازهای تولیدی}}{۱۰۴ \times \text{مجموع ضرایب مواد گازی}} \Rightarrow \frac{y\times \frac{۶۰}{۱۰۰}}{۴\times ۱۰۱} = \frac{x}{۷\times ۲۷} = \frac{۶۵}{۱۰۴}$$

$$\Rightarrow x = ۱۱۸/۱L \text{ گاز تولیدی} \quad ,\quad y \simeq ۴۲۱g\,KNO_۳$$

۱ ۷ ابتدا جرم پتاسیم کلرات $(KClO_۳)$ حاصل از کاهش دمای محلول که در اثر حرارت تجزیه شده را محاسبه می‌کنیم:

$$۲KClO_۳(s) \xrightarrow{\Delta} ۲KCl(s) + ۳O_۲(g)$$

$$?\,g\,KClO_۳ = ۴۰L\,O_۲ \times \frac{۱/۴۴g\,O_۲}{۱L\,O_۲} \times \frac{۱mol\,O_۲}{۳۲g\,O_۲} \times \frac{۲mol\,KClO_۳}{۳mol\,O_۲} \times \frac{۱۲۲/۵g\,KClO_۳}{۱mol\,KClO_۳} \times \underbrace{\frac{۱۰۰}{۶۰}}_{\text{بازده واکنش}} = ۲۴۵g\,KClO_۳$$

سپس جرمی از $KClO_۳$ که در دمای اولیه در ۱۲۷۴ گرم محلول وجود دارد را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم محلول سیرشدهٔ ثانویه (در دمای } ۲۰^\circ C) = ۱۲۷۴ - ۲۴۵ = ۱۰۲۹g \text{ محلول}$$

انحلال‌پذیری $KClO_۳$ در دمای $۲۰^\circ C$ برابر ۵ گرم است؛ بنابراین مقدار $KClO_۳$ موجود در محلول در دمای $۲۰^\circ C$ برابر است با:

$$\text{جرم آب موجود در محلول ثانویه} = ۱۰۲۹ - ۴۹ = ۹۸۰g \quad ,\quad \text{جرم } KClO_۳ \text{ موجود در محلول ثانویه} = ۱۰۲۹g \text{ محلول} \times \frac{۵g\,KClO_۳}{\text{محلول } ۱۰۵g} = ۴۹g\,KClO_۳$$

بنابراین در محلول سیرشدهٔ اولیه، $۲۹۴g\ (۲۴۵+۴۹)$ پتاسیم کلرات در ۹۸۰ گرم آب حل‌شده است. اکنون انحلال‌پذیری $KClO_۳$ را در این شرایط محاسبه می‌کنیم:

$$?\,g\,KClO_۳ = ۱۰۰g \text{ حلال} \times \frac{۲۹۴g\,KClO_۳}{\text{حلال } ۹۸۰g} = ۳۰g\,KClO_۳$$

حال با مشاهدهٔ نمودار، انحلال‌پذیری $KClO_۳$ در دمای $۷۰^\circ C$، برابر ۳۰ گرم است و طی این فرایند دمای محلول $۵۰^\circ C\ (۷۰-۲۰)$ کاهش یافته است.

۲ ۸ طبق قانون هنری، در دمای ثابت، انحلال‌پذیری یک گاز با فشار گاز رابطهٔ مستقیم و خطی با عرض از مبدأ صفر دارد.

$$\text{قانون هنری} \Rightarrow S = kP \Rightarrow \frac{S_۲}{S_۱} = \frac{P_۲}{P_۱} \Rightarrow \frac{S_۲}{۰/۲۲} = \frac{۴}{۱} \Rightarrow S_۲ = \frac{۰/۸۸g\,CO_۲}{۱۰۰g\,H_۲O}$$

انحلال‌پذیری گاز $CO_۲$ در نوشابه در فشارهای $۴atm$ و $۱atm$ به‌ترتیب برابر ۰/۲۲ و ۰/۸۸ گرم در ۱۰۰ گرم نوشابه است. برای حل مسئله ابتدا مقدار $CO_۲$ موجود در ۱/۵ لیتر نوشابه را در هر کدام از شرایط محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم } CO_۲ \text{ موجود در ۱/۵ لیتر نوشابه در فشار } ۱atm = ۱/۵L \text{ نوشابه} \times \frac{۱۰^۳mL \text{ نوشابه}}{۱L \text{ نوشابه}} \times \frac{۱g \text{ نوشابه}}{۱mL \text{ نوشابه}} \times \frac{۰/۲۲g\,CO_۲}{۱۰۰g \text{ نوشابه}} = ۳/۳g\,CO_۲$$

$$\text{جرم } CO_2 \text{ موجود در ۱/۵ لیتر نوشابه در فشار ۴atm} = 1/5\,L \text{ نوشابه} \times \frac{10^3\,mL \text{ نوشابه}}{1\,L \text{ نوشابه}} \times \frac{1\,g \text{ نوشابه}}{1\,mL \text{ نوشابه}} \times \frac{0/88\,g\,CO_2}{100\,g \text{ نوشابه}} = 13/2\,g\,CO_2$$

سپس جرم CO_2 خارج شده از نوشابه را به‌دست می‌آوریم: $\text{جرم } CO_2 \text{ خارج شده از نوشابه} = 13/2 - 3/3 = 9/9\,g\,CO_2$

اکنون با توجه به معادلهٔ موازنه شدهٔ زیر، جرم کلسیم کربنات تولید شده از واکنش گاز CO_2 و محلول کلسیم هیدروکسید را محاسبه می‌کنیم:

$$CO_2(g) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow CaCO_3(s) + H_2O(l)$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CaCO_3 = 9/9\,g\,CO_2 \times \frac{1\,mol\,CO_2}{44\,g\,CO_2} \times \frac{1\,mol\,CaCO_3}{1\,mol\,CO_2} \times \frac{100\,g\,CaCO_3}{1\,mol\,CaCO_3} = 22/5\,g\,CaCO_3$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم } CO_2 \text{ مصرفی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{جرم } CaCO_3 \text{ تولیدی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} \Rightarrow \frac{9/9}{1 \times 44} = \frac{x}{1 \times 100} \Rightarrow x = 22/5\,g\,CaCO_3$$

۹ **۳** معادلهٔ انحلال دی‌نیتروژن پنتا اکسید در آب: $N_2O_5(g) + H_2O(l) \rightarrow 2HNO_3(aq)$

ابتدا به کمک pH محلول حاصل، غلظت اسید قوی نیتریک اسید را محاسبه می‌کنیم:

$$pH = 1/3 \Rightarrow M = [H^+] = 10^{-pH} = 10^{-1/3} = 10^{-2+0/7} = 10^{-2} \times 10^{0/7} = 5 \times 10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

سپس با یکی از روش‌های زیر، جرم N_2O_5 حل شده در ۳۰۰ میلی‌لیتر (۰/۳L) آب را به‌دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,g\,N_2O_5 = 0/3\,L \text{ محلول} \times \frac{5 \times 10^{-2}\,mol\,HNO_3}{1\,L \text{ محلول}} \times \frac{1\,mol\,N_2O_5}{2\,mol\,HNO_3} \times \frac{108\,g\,N_2O_5}{1\,mol\,N_2O_5} \times \frac{100\,g \text{ ناخالص } N_2O_5}{60\,g \text{ خالص } N_2O_5} = 1/35\,g \text{ ناخالص } N_2O_5$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم ناخالص } N_2O_5 \times \frac{P}{100}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{\text{غلظت مولی} \times \text{لیتر محلول } HNO_3}{\text{ضریب}} \Rightarrow \frac{x \times \frac{60}{100}}{1 \times 108} = \frac{0/3 \times 5 \times 10^{-2}}{2} \Rightarrow x = 1/35\,g \text{ ناخالص } N_2O_5$$

۱۰ **۴** ابتدا به کمک معادله‌های داده شده، آنتالپی واکنش $4NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow 2N_2H_4(l) + 2H_2O(l)$ را محاسبه می‌کنیم. به این منظور معادلهٔ (I) را در عدد ۹ ضرب می‌کنیم، معادلهٔ (II) را قرینه و در عدد ۸ ضرب می‌کنیم، معادلهٔ (III) را قرینه و در عدد ۲ ضرب می‌کنیم و معادلهٔ (IV) را قرینه و در عدد ۶ ضرب می‌کنیم:

$I)\ 18H_2(g) + 9O_2(g) \rightarrow 18H_2O(l)$	$\Delta H'_{(I)} = 9(-572) = -5148\,kJ$
$II)\ 8N_2(g) + 16H_2O(l) \rightarrow 8N_2H_4(l) + 8O_2(g)$	$\Delta H'_{(II)} = -8(-624) = +4992\,kJ$
$III)\ 4NH_3(g) + 6N_2O(g) \rightarrow 8N_2(g) + 6H_2O(l)$	$\Delta H'_{(III)} = -2(1010) = -2020\,kJ$
$IV)\ 6N_2H_4(g) + 6H_2O(l) \rightarrow 6N_2O(g) + 18H_2(g)$	$\Delta H'_{(IV)} = -6(-317) = +1902\,kJ$
واکنش هدف: $4NH_3(g) + O_2(g) \rightarrow 2N_2H_4(l) + 2H_2O(l)$	$\Delta H_{\text{هدف}} = (-5148) + (+4992) + (-2020) + (+1902) = -274\,kJ$

سپس گرمای حاصل از مصرف ۶/۸ گرم آمونیاک را به‌دست می‌آوریم: **روش اول (کسر تبدیل):**

$$?\,kJ = 6/8\,g\,NH_3 \times \frac{1\,mol\,NH_3}{17\,g\,NH_3} \times \frac{274\,kJ}{4\,mol\,NH_3} = 27/4\,kJ$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{جرم آمونیاک مصرفی}}{\text{ضریب} \times \text{جرم مولی}} = \frac{Q}{|\Delta H|} \Rightarrow \frac{6/8}{4 \times 17} = \frac{Q}{274} \Rightarrow Q = 27/4\,kJ$$

۱۱ **۳** ابتدا گرمای حاصل از مصرف ۴۰ گرم هیدرازین با خلوص ۶۰٪ را در واکنش مقابل محاسبه می‌کنیم: $N_2H_4(g) + H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

محاسبهٔ ΔH واکنش:

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد فراورده}] - [\text{مجموع آنتالپی پیوند مواد واکنش‌دهنده}]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [\Delta H(N \equiv N) + 4\Delta H(N - H) + \Delta H(H - H)] - [6\Delta H(N - H)]$$

$$\Delta H_{\text{واکنش}} = [164 + (4 \times 390) + 436] - [6 \times 390] = 164 + 436 - 2 \times 390 = -180\,kJ$$

محاسبهٔ گرمای حاصل:

$$?\,kJ = 40\,g \text{ ناخالص } N_2H_4 \times \frac{60\,g \text{ خالص } N_2H_4}{100\,g \text{ ناخالص } N_2H_4} \times \frac{1\,mol\,N_2H_4}{32\,g\,N_2H_4} \times \frac{180\,kJ}{1\,mol\,N_2H_4} = 135\,kJ$$

سپس محاسبه می‌کنیم که از سوختن چند لیتر اتن، ۱۳۵kJ گرما آزاد می‌شود:

محاسبهٔ آنتالپی سوختن اتن:

$$\text{تفاوت آنتالپی سوختن پروپن و بوتن} = \text{تفاوت آنتالپی سوختن اتن و پروپن}$$

$$\Rightarrow (-2058) - \Delta H_{\text{سوختن}}(C_2H_4) = (-2690) - (-2058) \Rightarrow \Delta H_{\text{سوختن}}(C_2H_4) = -1426\,kJ$$

محاسبهٔ حجم اتن:

$$?\,L\,C_2H_4 = 135\,kJ \times \frac{1\,mol\,C_2H_4}{1426\,kJ} \times \frac{28\,g\,C_2H_4}{1\,mol\,C_2H_4} \times \frac{1\,L\,C_2H_4}{1/25\,g\,C_2H_4} \simeq 2/1\,L\,C_2H_4$$

۱۲ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش: $CaCO_3(s)+2HCl(aq)\rightarrow CaCl_2(aq)+CO_2(g)+H_2O(l)$

با توجه به معادلهٔ واکنش، کاهش جرم واکنش به دلیل تولید گاز CO_2 و خروج آن از ظرف واکنش است، بنابراین جرم اولیهٔ کلسیم کربنات را m گرم در نظر می‌گیریم و آن را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{جرم } CO_2 \text{ تولیدشده}=\frac{22}{100}\times(\text{جرم واکنش‌دهنده‌ها})=\frac{22}{100}(500+m)g\ CO_2 \quad ,\quad \text{محلول } 500g=400mL\times\frac{\text{محلول } 1/25g}{1mL\ \text{محلول}}=\text{جرم محلول اولیه } HCl$$

$$m\ g\ CaCO_3\times\frac{1mol\ CaCO_3}{100g\ CaCO_3}\times\frac{1mol\ CO_2}{1mol\ CaCO_3}\times\frac{44g\ CO_2}{1mol\ CO_2}=\frac{22}{100}(500+m)\Rightarrow m=500g$$

اکنون که مقدار m را محاسبه کردیم، جرم CO_2 تولید شده در مدت ۵۰ دقیقه از واکنش را محاسبه کرده و به کمک آن سرعت متوسط واکنش را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{جرم } CO_2 \text{ تولیدشده}=\frac{22}{100}(\text{جرم واکنش‌دهنده‌ها})=\frac{22}{100}(500+500)=220g\ CO_2$$

$$\Delta n(CO_2)=\frac{220g}{44g.mol^{-1}}=5mol\ CO_2\ ,\quad \Delta t=50\ min\Rightarrow \bar{R}(CO_2)=\frac{5mol}{50\ min}=0/1\ mol.\ min^{-1}$$

محاسبهٔ سرعت متوسط واکنش:

$$\bar{R}(\text{واکنش})=\frac{\bar{R}(CO_2)}{\text{ضریب}}=\frac{0/1\ mol.\ min^{-1}}{1}=0/1\ mol.\ min^{-1}$$

۱۳ ۱ معادلهٔ آبکافت استرها به‌صورت مقابل است: الکل + کربوکسیلیک اسید ← آب + استر

با توجه به قانون پایستگی جرم، تفاوت جرم فراورده‌ها و استر مربوط به آب است، بنابراین از جرم آب می‌توان تعداد اتم‌های کربن موجود در مولکول استر اولیه را به‌دست آورد:

$$\text{جرم آب مصرفی}=52/8-47/4=5/4g$$

روش اول (کسر تبدیل):

$$5/4g\ H_2O\times\frac{1mol\ H_2O}{18g\ H_2O}\times\frac{1mol\ \text{استر}}{1mol\ H_2O}\times\frac{M\ g\ \text{استر}}{1mol\ \text{استر}}=47/4g\ \text{استر}\Rightarrow M=158g.mol^{-1}$$

روش دوم (تناسب):

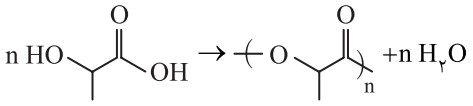
$$\frac{\text{جرم آب مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم استر مصرفی}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{5/4}{1\times18}=\frac{47/4}{1\times M}\Rightarrow M=158g.mol^{-1}$$

فرمول کلی استرها به‌صورت $C_nH_{2n}O_2$ است، بنابراین تعداد اتم‌های کربن موجود در مولکول استر (n) برابر است با:

$$\text{جرم مولی استر}=12n+2n+2(16)=158\Rightarrow n=9$$

در هر مولکول این استر ۹ اتم کربن وجود دارد، پس فرمول استر مورد نظر $C_9H_{18}O_2$ است و ساختار گزینهٔ (۱) را می‌توان به آن نسبت داد.

۱۴ ۱ معادلهٔ موازنه شدهٔ واکنش پلیمری شدن به‌صورت مقابل است:



به معادلهٔ موازنه شدهٔ آن که در آن فرمول مولکولی مواد نوشته شده توجه کنید:

$$n\ C_3H_6O_3\rightarrow\left(C_3H_4O_2\right)_n+n\ H_2O$$

توجه مونومر سازندهٔ این پلیمر تراکمی خود دارای گروه‌های عاملی الکلی و کربوکسیلی است.

اکنون مقدار مول و جرم مونومر مصرفی و جرم آب تولیدی را محاسبه می‌کنیم: **روش اول (کسر تبدیل):**

قسمت اول:

$$?\ mol\ \text{مونومر}=14/4g\ \text{پلیمر}\times\frac{1mol\ \text{پلیمر}}{(72n)g\ \text{پلیمر}}\times\frac{n\ mol\ \text{مونومر}}{1mol\ \text{پلیمر}}=0/2mol\ \text{مونومر}$$

قسمت دوم:

$$\left.\begin{array}{l}?\ g\ \text{مونومر}=0/2mol\ \text{مونومر}\times\frac{90g\ \text{مونومر}}{1mol\ \text{مونومر}}=18g\ \text{مونومر}\\ ?\ g\ H_2O=0/2mol\ \text{مونومر}\times\frac{n\ mol\ H_2O}{n\ mol\ \text{مونومر}}\times\frac{18g\ H_2O}{1mol\ H_2O}=3/6g\ H_2O\end{array}\right\}\Rightarrow\frac{\text{جرم مونومر}}{\text{جرم آب}}=\frac{18}{3/6}=5$$

روش دوم (تناسب) :

$$\frac{\text{جرم پلیمر}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{مقدار مول مونومر}}{\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم مونومر}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}=\frac{\text{جرم آب}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{14/4g}{1\times72n}=\frac{x\ mol\ \text{مونومر}}{n}=\frac{y\ g\ \text{مونومر}}{n\times90}=\frac{z\ g\ H_2O}{n\times18}$$

$$\Rightarrow x=0/2mol\ \text{مونومر}\ ,\ y=18g\ \text{مونومر}\ ,\ z=3/6g\ H_2O$$

نسبت جرم مونومر مصرفی و آب تولیدی برابر $5\ (\frac{18}{3/6})$ است.

۱۵ ۲ ابتدا از pH محلول ثانویه، غلظت H^+ را در محلول ثانویه محاسبه می‌کنیم:

$$pH=3/3\Rightarrow[H^+]_2=10^{-pH}=10^{-3/3}=10^{-4+0/7}=10^{-4}\times10^{0/7}=5\times10^{-4}\ mol.L^{-1}$$

سپس به کمک غلظت H^+ و ثابت یونش اسید، غلظت محلول ثانویه را به‌دست می‌آوریم:

$$K_a=\frac{M_2\alpha_2^2}{1-\alpha_2}\xrightarrow{K_a<10^{-3}}K_a=M_2\alpha_2^2\xrightarrow{[H^+]_2=M_2\alpha_2}K_a=[H^+]_2\alpha_2\Rightarrow 2\times10^{-5}=(5\times10^{-4})\alpha_2\Rightarrow\alpha_2=4\times10^{-2}$$

$$[H^+]_2=M_2\alpha_2\Rightarrow 5\times10^{-4}=M_2\times(4\times10^{-2})\Rightarrow M_2=1/25\times10^{-2}\,mol.L^{-1}$$

اکنون به کمک رابطهٔ رقیق‌سازی، حجم محلول اولیه (V_1) را محاسبه می‌کنیم:

$$M_{\text{غلیظ}}\times V_{\text{غلیظ}}=M_{\text{رقیق}}\times V_{\text{رقیق}}\Rightarrow 0/05\times V_1=(1/25\times10^{-2})\times(V_1+300)\Rightarrow 4V_1=V_1+300\Rightarrow V_1=100mL$$

۱۶ ۲ با توجه به منفی بودن عدد نمایش داده شده در نمایشگر ولت‌سنج می‌توان نتیجه گرفت که نیم‌سلول آهن نقش آند داشته و از جرم تیغهٔ آهنی کاسته می‌شود و نیم‌سلول SHE نقش کاتد را دارد و به‌تدریج از غلظت H^+ موجود در محلول آن کاسته می‌شود. با توجه به‌صورت مسئله، pH اولیه محلول برابر صفر $pH=\log 1=0$ اولیه) است و با گذشت زمان pH به ۰/۷ می‌رسد، ابتدا به کمک این اطلاعات و حجم محلول نیم‌سلول کاتدی، مقدار مول مصرفی H^+ را محاسبه می‌کنیم:

$$H^+_{\text{غلظت ثانویه}}=10^{-0/7}=10^{-1+0/3}=10^{-1}\times10^{0/3}=0/2\,mol.L^{-1}\qquad H^+_{\text{غلظت اولیهٔ}}=1\,mol.L^{-1}$$

$$\text{مقدار مول } H^+ \text{ مصرفی}=0/4L\text{ محلول کاتدی}\times\frac{(1-0/2)mol\,H^+}{1L\text{ محلول کاتدی}}=0/32mol\,H^+$$

اکنون با توجه به معادلهٔ کلی واکنش انجام شده می‌توانیم کاهش جرم تیغهٔ آهنی را به‌دست آوریم: $Fe(s)+2H^+(aq)\rightarrow Fe^{2+}(aq)+H_2(g)$

$$?\,g\,Fe=0/32mol\,H^+\times\frac{1\,mol\,Fe}{2mol\,H^+}\times\frac{56g\,Fe}{1\,mol\,Fe}=8/96g\,Fe\ (\text{کاهش جرم تیغهٔ آهنی})$$

۱۷ ۱ **قسمت اول:** در فرایند برقکافت آب، الکترودی که به قطب منفی باتری متصل است، کاتد بوده و روی سطح آن مطابق معادلهٔ زیر، نیم‌واکنش کاهش آب رخ می‌دهد: نیم‌واکنش کاهش: $2H_2O(l)+4e^-\rightarrow 4OH^-(aq)+2H_2(g)$

$$?\,mol\,OH^-=12/04\times10^{22}e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}e^-}\times\frac{4molOH^-}{4mol\,e^-}=0/2mol\,OH^-,\quad \text{غلظت}\,OH^-\text{ در محلول کاتد}=\frac{0/2mol}{4L}=0/05mol.L^{-1}$$

$$pOH_{\text{کاتد}}=-\log[OH^-]_{\text{کاتد}}=-\log(0/05)=2-\log 5=2-0/7=1/3,\quad pH=14-pOH=14-1/3=12/7$$

قسمت دوم: معادلهٔ واکنش انجام شده در سلول سوختی «متان- اکسیژن» به‌صورت روبه‌رو است: $CH_4(g)+2O_2(g)\rightarrow CO_2(g)+2H_2O(g)$

روش اول (کسر تبدیل):

$$?\,g\,CO_2=12/04\times10^{22}e^-\times\frac{1\,mol\,e^-}{6/02\times10^{23}e^-}\times\frac{1\,mol\,CO_2}{8mol\,e^-}\times\frac{44g\,CO_2}{1\,mol\,CO_2}=1/1\,g\,CO_2$$

روش دوم (تناسب):

$$\frac{\text{شمار الکترون}}{\text{ضریب}\times N_A}=\frac{\text{جرم کربن دی‌اکسید}}{\text{جرم مولی}\times\text{ضریب}}\Rightarrow\frac{12/04\times10^{22}}{8\times6/02\times10^{23}}=\frac{x}{1\times44}\Rightarrow x=1/1\,g\,CO_2$$

۱۸ ۱ ابتدا بازدهٔ سلول سوختی «هیدروژن- اکسیژن» را به کمک ولتاژ سلول محاسبه می‌کنیم:

$$emf=E^\circ(\text{کاتد})-E^\circ(\text{آند})=1/2-0=1/2V$$

$$\text{بازدهٔ سلول سوختی}=\frac{\text{ولتاژ عملی}}{\text{ولتاژ نظری}}\times100=\frac{0/72V}{1/2V}\times100=\%60$$

سپس با توجه به معادلهٔ واکنش انجام شده در سلول سوختی «هیدروژن- اکسیژن» مقدار مول الکترون‌های تولید شده در این سلول سوختی را محاسبه می‌کنیم:

$$2H_2(g)+O_2(g)\rightarrow 2H_2O(g)\sim 4e^-,\quad ?\,mol\,e^-=350L\,O_2\times\frac{1\,mol\,O_2}{22/4L\,O_2}\times\frac{4mol\,e^-}{1\,mol\,O_2}\times\underbrace{\frac{60}{100}}_{\text{بازده سلول}}=37/5mol\,e^-$$

ایـن مقـدار الکتـرون در آبکاری تعدادی کرهٔ فلزی با فلز طلا مصرف می‌شـود. در ادامه مقدار طلایی که با این مقدار الکتـرون می‌توان روی کره‌های فلزی را آبکاری کرد، محاسبه می‌کنیم:

$$Au(s,\text{آند})\rightarrow Au(s,\text{کاتد})\sim 3e^-,\quad ?\,g\,Au=37/5mol\,e^-\times\frac{1\,mol\,Au}{3mol\,e^-}\times\frac{197g\,Au}{1\,mol\,Au}=2462/5g\,Au$$

در ادامه محاسبه می‌کنیم که روی هر کره چند گرم طلا قرار می‌گیرد و سپس تعداد کره‌هایی که می‌توان این‌گونه آبکاری کرد را به‌دست می‌آوریم:

$$\text{حجم هر گوی}=\frac{4}{3}\pi r^3=\frac{4}{3}\times3\times(5)^3=500cm^3,\quad \text{جرم طلای قرارگرفته روی هر گوی}=(\frac{0/5}{100}\times500)cm^3\,Au\times\frac{19/7g\,Au}{1cm^3\,Au}=49/25g\,Au$$

$$\text{تعداد گوی‌هایی که می‌توان آبکاری کرد}=\frac{2462/5}{49/25}=50$$

۱۹ ۴ با توجه به اینکه در ابتدای واکنش هیچ فراورده‌ای در ظرف تعادل وارد نشده و پس از رسیدن به تعادل یک مول NH_3 از ظرف واکنش خارج شده، می‌توان برای راحتی در حل تست با توجه به معادلهٔ واکنش $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ این‌گونه تصور کرد که در ابتدا ۰/۵ مول N_2 با ۱/۵ مول H_2 از ظرف واکنش خارج شده‌اند.

$$[H_2]_{\text{اولیه}}=\frac{4-1/5}{5}=0/5mol.L^{-1}\qquad [N_2]_{\text{اولیه}}=\frac{4-0/5}{5}=0/7mol.L^{-1}$$

به جدول تغییر غلظت مواد توجه کنید. با توجه به اطلاعات مسئله، غلظت تعادلی NH_3 برابر ۰/۲ مول است، پس:

$$[NH_3]_{\text{تعادلی}}=2x=0/2\Rightarrow x=0/1$$

$$N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$$

غلظت اولیه	۰/۷	۰/۵	۰
تغییر غلظت	$-x$	$-3x$	$2x$
غلظت تعادلی	$0/7-x$	$0/5-3x$	$2x$

پس غلظت تعادلی گونه‌های موجود در تعادل را محاسبه می‌کنیم:

$$[NH_3]_{\text{تعادلی}}=0/2\,mol.L^{-1},\quad [H_2]_{\text{تعادلی}}=0/5-3x=0/5-3\times 0/1=0/2\,mol.L^{-1}$$

$$[N_2]_{\text{تعادلی}}=0/7-x=0/7-0/1=0/6\,mol.L^{-1}$$

اکنون ثابت تعادل واکنش $N_2(g)+3H_2(g)\rightleftharpoons 2NH_3(g)$ را به‌دست می‌آوریم:

$$K=\frac{[NH_3]^2}{[N_2][H_2]^3}=\frac{(0/2)^2}{0/6\times(0/2)^3}=\frac{2^2\times 10^{-2}}{6\times 2^3\times 10^{-4}}=\frac{100}{12}=\frac{25}{3}$$

۲۰ | ۱ با توجه به جدول داده شده در صورت تست، به‌ازای طی هر کیلومتر، مبدل کاتالیستی از ورود ۵/۴۳ گرم کربن مونوکسید، ۱/۵۷ گرم C_xH_y و ۱/۰۱ گرم نیتروژن مونوکسید جلوگیری می‌کند که در مجموع از ورود ۸/۰۱ گرم از سه آلاینده به هواکره جلوگیری می‌شود.

قسمت اول: محاسبه جرم آلاینده‌هایی که مبدل کاتالیستی حذف می‌کند:

$$?\,ton\ \text{آلاینده}=600\times 10^3\ \text{خودرو}\times\frac{40\,km\ \text{مسافت}}{1\ \text{خودرو}}\times\frac{8/01\,g\ \text{آلاینده}}{1\,km\ \text{مسافت}}\times\frac{1\,ton\ \text{آلاینده}}{10^6\,g\ \text{آلاینده}}\simeq 192/2\,ton\ \text{آلاینده}$$

قسمت دوم: در میان سه آلاینده، NO و CO دارای مولکول‌های قطبی هستند و نقطهٔ جوش CO کمتر از NO است؛ زیرا جرم مولی کمتری دارد.

$$\left.\begin{aligned}?\,mol\,CO\,(\text{خروجی از اگزوز})&=0/56\,g\,CO\times\frac{1\,mol\,CO}{28\,g\,CO}=0/02\,mol\,CO\\ ?\,mol\,NO\,(\text{خروجی از اگزوز})&=0/03\,g\,NO\times\frac{1\,mol\,NO}{30\,g\,NO}=0/001\,mol\,NO\end{aligned}\right\}\Rightarrow \text{درصد مولی CO در گازهای قطبی}=\frac{0/02}{0/02+0/001}\times 100\simeq 95/24\%$$